

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
ESCUELA DE POSGRADO



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

**OPORTUNIDADES Y OBSTÁCULOS EN LA APLICACIÓN DE LA MANUFACTURA
ADITIVA COMO UNA HERRAMIENTA DE INNOVACIÓN EN LIMA. ESTUDIO DE
CASO EN UNIVERSIDAD PERUANA.**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTRA EN GESTIÓN Y
POLÍTICA DE LA INNOVACIÓN Y LA TECNOLOGÍA**

AUTOR

JENNIFER KARINA WONG POGGI

ASESOR

ANIBAL EDUARDO ISMODES CASCON

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A papi Fosca, por enseñarme, motivarme y confiar en mí.

A Orc por su apoyo y cariño.

A mis amiguis y querida familia por estar ahí.



RESUMEN

En la última década, la manufactura aditiva ha presentado un crecimiento exponencial en su adopción, aplicación y desarrollo en sectores industriales y manufactureros a nivel global. Ésta se caracteriza por ser una herramienta que genera nuevos métodos de conceptualizar y manufacturar objetos. Además, la manufactura aditiva pertenece a las tecnologías de la última revolución industrial, llamada industria 4.0, que implica la interacción de diversas tecnologías avanzadas con tecnologías inteligentes para lograr un crecimiento económico, innovación y desarrollo.

A pesar de este crecimiento global, el comportamiento en el Perú frente a la adopción y la aplicación de la tecnología se presenta como tardía y pausada. Por esa razón, la presente investigación tiene como objetivo analizar los factores involucrados en las limitantes del crecimiento, especialmente en identificar las oportunidades que existen en el contexto local para aplicarla, así como, los obstáculos que impiden o dificultan el aprovechamiento del potencial.

Se realiza el planteamiento de la investigación, el cual está compuesto por la revisión de los antecedentes de la manufactura aditiva a nivel internacional. También, se analiza el sistema de innovación en el Perú para identificar la composición, los actores y los planes relacionados a la promoción de la innovación en el país, en conjunto con la situación actual enfocada a la industria manufacturera. Por otro lado, se genera el marco teórico de la investigación, el cual desarrolla los conceptos de la industria 4.0, la manufactura aditiva, innovación y transferencia tecnológica.

Posterior a ello, se desarrolla la metodología, que incluye el objeto, la estrategia, la recolección de datos y medición a utilizar, para pasar a la etapa de investigación, la cual se divide en dos partes.

La primera parte, se enfoca en el análisis de un estudio de caso, una universidad peruana referente en el uso de la manufactura aditiva en el ámbito empresarial y académico. El objetivo de esta sección es identificar la situación actual de la tecnología en el contexto estudiado. Además, reconocer las líneas de acción con mayor preponderancia y crecimiento en los últimos años.

Este análisis previo otorga la base para la segunda etapa, en el que prima el análisis de la percepción de usuarios de la tecnología y se obtiene a través de entrevistas a actores del sector empresarial, académico e investigación. Tiene como fin identificar

las oportunidades y obstáculos de la aplicación de la tecnología, y finalmente la concepción de la prospectiva tecnológica.

La investigación concluye en que la manufactura aditiva en el Perú se encuentra en una etapa inicial de adopción, a pesar de que los usuarios perciben una mayor cantidad de oportunidades que obstáculos.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	11
1. CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.1. ANTECEDENTES DE LA MANUFACTURA ADITIVA.....	13
1.2. SISTEMA DE INNOVACIÓN EN EL PERÚ.....	17
1.3. DEFINICIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	27
1.4. PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
1.6. HIPÓTESIS.....	29
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	30
2.1. INDUSTRIA 4.0.....	30
2.2. MANUFACTURA ADITIVA.....	32
2.3. INNOVACIÓN.....	40
2.4. ADOPCIÓN TECNOLÓGICA.....	45
3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
3.1. OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
3.2. ESTRATEGIA DE MUESTREO.....	47
3.3. RECOLECCIÓN DE LOS DATOS Y MEDICIÓN.....	48
3.4. CUESTIONARIO.....	49
4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE CASO.....	57
4.1. PRINCIPALES RESULTADOS EN ACTIVIDADES ACADÉMICAS.....	57
4.2. PRINCIPALES RESULTADOS EN ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN.....	59
4.3. PRINCIPALES RESULTADOS EN SERVICIOS A LA INDUSTRIA.....	61
4.4. PRINCIPALES RESULTADOS EN ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN DE LA TECNOLOGÍA.....	62
4.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ESTUDIO DE CASO.....	64
5. CAPÍTULO V. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE ENTREVISTAS A EXPERTOS..	69
5.1. RESULTADOS DE ENTREVISTAS A ACADÉMICOS.....	69
5.2. RESULTADOS DE ENTREVISTA A INVESTIGADORES.....	74

5.3. RESULTADOS DE ENTREVISTA A EMPRESARIOS	80
5.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENTREVISTAS	87
6. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
ANEXOS.....	102



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Objetivos prioritarios y entidades conductoras	23
Tabla 2. Perú: Empresas de la industria manufacturera que realizaron actividad de innovación 2012-2014	24
Tabla 3. Perú: Empresas de la industria manufacturera según factores que pueden haber obstaculizado el desarrollo de actividades de innovación, 2012-2014.....	26
Tabla 4. Objetivos y efectos según el tipo de innovación.....	41
Tabla 5. Factores que obstaculizan la innovación.....	43
Tabla 6. Cuestionario para adámicos	49
Tabla 7. Cuestionario para adámicos	51
Tabla 8. Cuestionario para adámicos	53
Tabla 9. Dictado de cursos de pregrado.....	57
Tabla 10. Actividades de formación continua	58
Tabla 11. Capacitaciones a la comunidad.....	58
Tabla 12. Proyectos académicos subvencionados.....	59
Tabla 13. Tesis	59
Tabla 14. Publicaciones y conferencias	59
Tabla 15. Proyectos elaborados internamente	60
Tabla 16. Patentes.....	60
Tabla 17. Proyectos financiados.....	61
Tabla 18. Servicios a la industria.....	61
Tabla 19. Asesorías.....	62
Tabla 20. Medios digitales	62
Tabla 21. Notas de prensa	62
Tabla 22. Conferencias y charlas	63
Tabla 23. Ferias tecnológicas.....	63
Tabla 24. Eventos desarrollados por el área	63
Tabla 25. Resumen de actividades académicas del 2016 al 2019.....	64
Tabla 26. Resumen de crecimiento de actividades académicas del 2016 al 2019	64
Tabla 27. Resumen de actividades de investigación del 2016 al 2019	65
Tabla 28. Resumen de actividades a la industria del 2016 al 2019	66
Tabla 29. Resumen de actividades de difusión	67
Tabla 30. Resultados de entrevistas a académicos	88
Tabla 31. Resultados de entrevistas a investigadores	90
Tabla 32. Resultados de entrevistas a empresarios.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Crecimiento y disminución de manufactura aditiva	15
Figura 2. Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación – Perú.....	19
Figura 3. Índice global de innovación	22
Figura 4. Perú: Empresas según actividades de innovación más realizadas 2012-2014 (%)	25
Figura 5. Perú: Empresas innovativas según conocimientos de programas y servicios públicos de apoyo a las actividades de innovación 2012-2014 (%)	26
Figura 6. Las cuatro revoluciones industriales	32
Figura 7. Tecnologías de la Industria 4.0	32
Figura 8. Fases del proceso de manufactura aditiva.....	34
Figura 9. Sistemas de manufactura aditiva	34
Figura 10. Sistema FDM.....	35
Figura 11. Sistema SLA.....	36
Figura 12. Sistema LOM.....	37
Figura 13. Sistema DMLS.....	37
Figura 14. Sistema CJP.....	38
Figura 15. Sistema PJ	39
Figura 16. Sistema LMD	39
Figura 17. Crecimiento de actividades académicas del 2016 al 2019.....	65
Figura 18. Crecimiento de actividades de investigación del 2016 al 2019.....	66
Figura 19. Crecimiento de actividades a la industria del 2016 al 2019	67
Figura 20. Crecimiento de actividades de difusión	68

GLOSARIO

AM: Additive Manufacturing

ASTM: Society for Testing Materials

CAD: Computer Aided Design

CAM: Computer Aided Manufacturing

CEPLAN: Centro Nacional de Planeamiento Estratégico

CJP: ColorJet Printing

CNC: Computer Numerical Control

CONCYTEC: Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica

CTI: Ciencia, Tecnología e Innovación

DFAM: Design for additive manufacturing

DMLS: Direct Metal Laser Sintering

FDM: Fused Deposition Modeling

FONDECYT: Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica

I+D: Innovación y Desarrollo

I+D+i: Investigación, desarrollo e innovación

LMD: Laser Metal Deposition

LOM: Laminated Object Manufacturing

MEF: Ministerio de Economía y Finanzas

MINAM: Ministerio del Ambiente

MINCETUR: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo

MINEDU: Ministerio de Educación

MIT: Institute of Technology

MPI: Maximum Posible Impact

MTPE: Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo

PCM: Presidencia del Consejo de Ministros

PJ: Polyjet

PRODUCE: Ministerio de la Producción

PYMES: Pequeñas y Medianas Empresas

R&D: Research and Development

SINACYT: Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica

SLA: Stereolithography

SLS: Selective Laser Sintering

WEF: World Economic Forum

WIPO: World Intellectual Property Organization



INTRODUCCIÓN

La aplicación de la tecnología de manufactura aditiva en el Perú se encuentra en un nivel preliminar e incipiente frente a mercados internacionales. A pesar del impacto potencial que tiene en la industria como en la economía de las empresas y las oportunidades de innovación, no ha presentado una evolución exponencial en la adopción de la misma. Este comportamiento genera cuestionamientos frente a los factores que imposibilitan su crecimiento en el contexto peruano y la percepción de los usuarios frente a sus potencialidades.

La tecnología destaca el ritmo del progreso y modela el estilo de vida de las personas (Aquiles, 1997). Ésta no sólo se vincula con el sector de producción, marcando una evolución a nivel económico, sino también del consumo, es por eso que tiene un carácter social y se enmarca en la cultura (Quintanilla, 1991). Por esa razón, en las últimas décadas, el concepto de prospectiva tecnológica ha sido aplicado como herramienta por gobiernos de países desarrollados. Adicionalmente, los estudios de la misma se están expandiendo de las economías industrializadas a los países en desarrollo y economías emergentes. Ésta permite crear visiones del futuro, delimitando los altos riesgos e incertidumbres del desarrollo tecnológico, llevando las preocupaciones de los innovadores al debate estratégico (Chan, 2012).

Actualmente, la prospectiva se conecta con las complejas cuestiones de política de los sistemas de innovación globalizados. Martin y Johnston argumentaron que la prospectiva tecnológica conecta y fortalece las conexiones dentro del ámbito del sistema nacional de innovación para que el conocimiento pueda fluir con mayor libertad entre los actores y el sistema en general sea más eficaz en el aprendizaje y la innovación (Martin & Johnston, 1999).

La mayoría de los países emergentes poseen niveles de tecnología rezagados con respecto a los estándares líderes mundiales. Estos países se diferencian en términos de evolución histórica, desarrollo económico, capacidad tecnológica y otros factores sociales. Por lo que recae la importancia de la prospectiva tecnológica, el cual considera las necesidades, capacidades y diferencias sociales locales. Además, se debe considerar la transferencia de resultados a través de estrategias de implementación soportadas por políticas eficaces que permitan el aprovechamiento de los limitados recursos en I+D (Viotti, 2002).

El Perú, como muchos países en desarrollo, se caracteriza por el limitado desarrollo tecnológico y por la adopción tardía de nuevas tecnologías, especialmente para

impulsar el crecimiento económico en las empresas a través de la mejora en productividad y competitividad frente a mercados nacionales e internacionales. Actualmente la industria se encuentra en tres niveles tecnológicos: el primero, donde las empresas utilizan máquinas mecánicas para realizar procesos de producción; el segundo, las empresas utilizan sistemas eléctricos para ejecutar algunas acciones logrando un grado de automatización en los procesos productivos; y finalmente, la tercera se refiere a la empresas que han incorporado el uso de computadoras, electrónica y el internet en dichos procesos, obteniendo mayores grados de automatización (Andrade, y otros, 2018). Características que señalan que la industria peruana aplica tecnologías de la tercera revolución industrial, a pesar de que la tendencia mundial promueve el uso de tecnologías de la cuarta revolución industrial o industria 4.0, el cual implica la vinculación de tecnologías avanzadas con tecnologías inteligentes.

Esta situación reincide en la adopción de la tecnología de manufactura aditiva, que no solo es una de las tecnologías más relevantes de la industria 4.0 sino también se caracteriza por su considerable crecimiento en mercado empresarial y de consumo a nivel mundial, calculado en un promedio anual de 26.9% (Wohlers Report, 2019).

En este contexto, el presente estudio tuvo como fin identificar las oportunidades y los obstáculos de la aplicación de la manufactura aditiva como herramienta de innovación en Lima, que permitirá comprender los factores que intervienen y mantiene un limitado crecimiento tecnológico en el país. Con el propósito de lograr dicho objetivo, se realizó un estudio de caso de una universidad peruana referente en la aplicación de la tecnología en Lima y se realizaron entrevistas semi estructuradas a distintos actores pertenecientes del sector empresarial y académico.

1. CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. ANTECEDENTES DE LA MANUFACTURA ADITIVA

En los últimos 30 años la manufactura aditiva ha tenido un crecimiento exponencial a nivel mundial con un aumento promedio anual de 26.9%, equivalente a \$9,795 mil millones y forma parte de la actual revolución industrial. La situación a nivel mundial es más que favorable, donde corporaciones multinacionales invierten millones de dólares en la implementación de centros de AM para aplicarlos en áreas de producción, mantenimiento, calidad y R&D; y universidades de prestigio lo incorporan en sus currículas regulares y en las actividades de investigación (Wohlers Report, 2019).

La industria ha evolucionado a través de los años adecuándose a la necesidad de la sociedad y su contexto, lo cual se ha visto reflejado en cambios en los procesos productivos y la creación de soluciones tecnológicas. Existen cuatro etapas que se establecen como etapas de revolución industrial, la primera fue la creación de las máquinas de vapor entre los siglos XVIII y XIX, la segunda por la producción en masa y la electricidad en siglo XX, la tercera con la utilización de la electrónica, la programación y la automatización a fines del mismo siglo, para finalmente cursar la cuarta revolución industrial en donde la tecnología se basa en la inteligencia y la óptima utilización en la automatización (Schwab, 2016).

La cuarta revolución industrial o industria 4.0, la cual genera cambios significativos en la presente década, abarca un conjunto de tecnologías avanzadas y la relación que se crea entre ellas permite la posibilidad de crear fábricas o procesos inteligentes, lo cual impacta de manera disruptiva en los modelos de negocio de la industria (Del Val Roman, 2017). El modo de trabajo en la nueva fábrica tiene como base la convergencia de las tecnologías de la información con otras tecnologías industriales y la aplicación de nuevos procesos de organización, los cuales involucran el internet de las cosas (IoT), big data, energías renovables, impresión 3D, procesamiento en la nube e inteligencia artificial (Yong Yin, 2017).

Entre las tecnologías que conforman la industria 4.0 destaca la impresión 3D o manufactura aditiva, ésta permite la producción de objetos tridimensionales a partir de modelos virtuales. Esta tecnología permite la optimización y mejora de calidad en los procesos de diseño y manufactura. Además, se presenta como una

herramienta que permite la personalización y la descentralización de la producción (Bak, 2003).

Crecimiento de la industria de la manufactura aditiva

La tecnología de manufactura aditiva ha crecido exponencialmente en las últimas tres décadas, el promedio de crecimiento anual a nivel mundial por ingresos en productos y servicios es de 26.9% y el crecimiento de los últimos cuatro años (2015-2019) es de 24.4%. En 2018, las tecnologías AM crecieron un 33.5%, equivalente a \$ 9,795 mil millones, el 2017 alcanzó el 21% que representa \$ 7.336 mil millones, el 17.4% en 2016 y el 25.9% en 2015. El crecimiento mundial de la industria en 2014, 2013 y 2012 fue de 35.2%, 33.4% y 32.7% respectivamente. Es por eso que el año 2018 representa una recuperación de la expansión de la industria después de un ligero debilitamiento del crecimiento en 2016 y 2017 (Figura 1). El estimado de 9,795 mil millones incluye ingresos del mercado primario de AM. Este segmento consiste en todos los productos y servicios directamente asociados con los procesos de AM en todo el mundo. En el caso de los productos se incluyen equipos, materiales y productos posventa como softwares. En cuanto a los servicios, están incluidos proveedores de servicios, mantenimientos, entrenamientos, seminarios, conferencias, exposiciones, publicidad, contratos de investigación y consultorías. Además, se excluyen inversiones internas de grandes empresas internacionales como Airbus, Adidas, Ford, Toyota, Stryker, entre otras compañías. Tampoco se consideran capital de riesgo invertido en iniciativas en manufactura aditiva en todo el mundo (Wohlers Report, 2019).

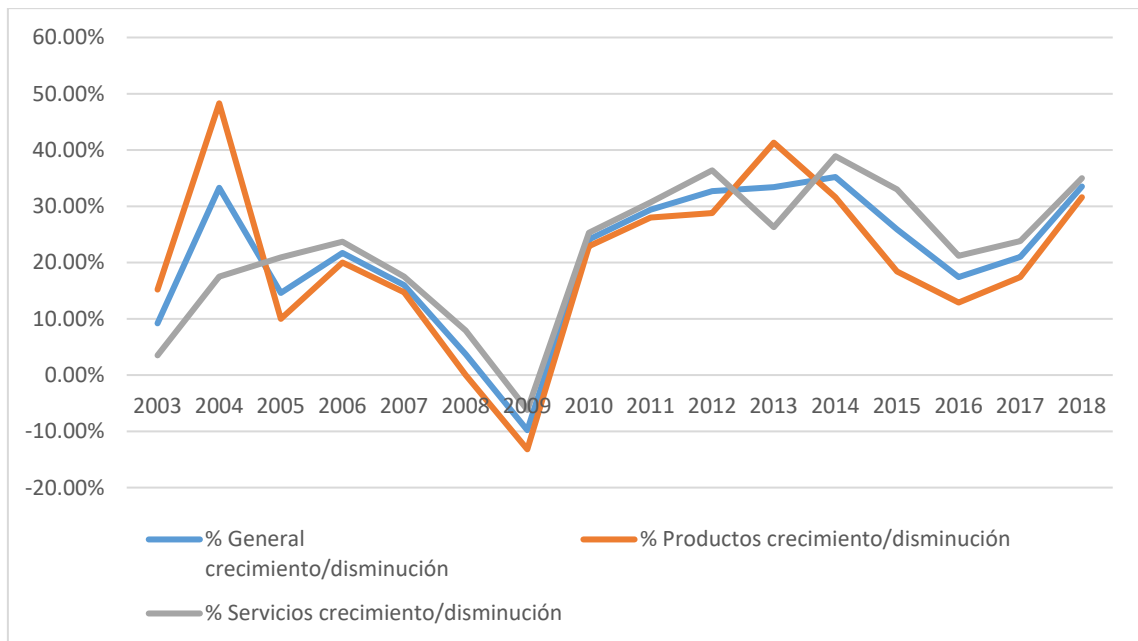


Figura 1. Crecimiento y disminución de manufactura aditiva

Fuente: Wohlers Report (2019)

Aplicaciones de la manufactura aditiva

Existen diversas aplicaciones de la tecnología de manufactura aditiva, estas son utilizadas en sectores como medicina, automotriz, aeroespacial, educación, manufactura, arquitectura, entre otros.

Según el estudio del 2019 de Wohlers Report (Wohlers Report, 2019), los equipos de manufactura aditiva se aplican en un 28.4% en la manufactura de piezas finales, 27.9% para el desarrollo de prototipos funcionales, 10.7% para modelos conceptuales, 9.9% en el campo de la educación e investigación, 4.7% en herramientas de metal y 4.4% en otras aplicaciones.

La manufactura de piezas finales incluye la generación de patrones, moldes, matrices y productos finales para el consumidor. A nivel industrial la generación de patrones, matrices y moldes con impresión 3D representa una herramienta para la mejora de procesos y productos. La versatilidad y el potencial de generar formas complejas en diferentes materiales permiten reemplazar procesos artesanales o tradicionales, ya que las aplicaciones incluyen desde la fabricación de moldes para vaciado de silicona, yeso, cemento, entre otros, hasta la manufactura de moldes para procesos de conformado de plástico como inyección, soplado y termoformado. Además, se pueden generar patrones o matrices impresas para el proceso de fundición en cera para la industria de la joyería y en arena para la industria metal mecánica (Gebhardt, 2012).

La tecnología aditiva también presenta beneficios en la fabricación de otro tipo de productos finales como herramientas, utillajes y guías utilizados en líneas de producción y ensamblaje, debido a que éstos requieren altos niveles de personalización, una producción reducida y el control interno de los procesos de diseño y fabricación. Empresas grandes como General Electric utilizan actualmente AM para el desarrollo de palas de turbinas de baja presión en metal y Airbus ha manufacturado miles de piezas de soportes, clips y dispositivos de sujeción en plástico (Wohlers Report, 2019).

En relación a los prototipos funcionales, estos normalmente son utilizados por ingenieros para probar la forma, ajuste y función. Éstos ayudan a reducir ambigüedades de los dibujos de ingeniería y modelados CAD a través de una demostración física del ensamble y su uso. En muchas ocasiones, estos modelos ayudan a validar el diseño antes del proceso de manufactura, lo que permite detectar los problemas en fases tempranas, ahorrando elevados costos y tiempos de fabricación. Por otro lado, la fabricación de modelos conceptuales, tienen como función comunicar la intención y el concepto del diseño. Además, se utiliza como modelo para mejorar la comunicación en la presentación de propuestas entre gestores y usuarios. Esta categoría incluye la fabricación de modelos de arquitectura y modelos estéticos para diversos sectores (Tempelman, 2014).

A nivel académico, la tecnología tiene múltiples aplicaciones, entre las representativas destaca la representación de modelos didácticos para diferentes asignaturas; la posibilidad de materializar soluciones de productos, servicios y sistemas en los campos del diseño, arquitectura e ingeniería; y la generación de nuevos retos académicos que integran diversas especialidades y que exigen el desarrollo de competencias y habilidades para resolver problemas de manera práctica y multidisciplinaria (Fernandez, Armesto, & Conejero, 2014).

A pesar de que la tecnología se presenta como una herramienta transversal a diversas industrias, sectores como la medicina presentan un alto crecimiento en el uso de la misma. Es vital considerar los factores y requerimientos de dicha industria, donde se aplican tratamientos individuales que incluyen ayudas personalizadas como implantes, órtesis y prótesis, y la generación de modelos pre quirúrgicos que ayudan en la planificación de procedimientos complejos. Para obtener modelos con ajustes exactos se utilizan los datos 3D del individuo que son adquiridos mediante procesos de imágenes médicas como la tomografía computarizada (TC) o resonancia magnética, los cuales se procesan para obtener

un modelo tridimensional y materializarlo con impresión 3D (Gebhardt, 2012). Además, la flexibilidad en geometrías y materiales acompañados con la precisión en el control informático en la deposición de materiales, ha dado lugar al desarrollo de aplicaciones en ingeniería de tejidos. La adición en capas facilita la generación de andamios de tejido complejos, éstos suelen tener la forma de implantes porosos diseñados para proporcionar soporte estructural a las células vivas sembradas (Horn, 2012).

Finalmente, este proceso ha generado la creación de nuevos modelos de negocio que cambian la interacción con el consumidor ya que los productos tienen un ajuste y un estilo personalizado bajo demanda. Además el uso de esta tecnología puede reducir el costo de la cadena de suministro, de esa manera se pueden crear y entregar productos en pequeñas cantidades en menor tiempo (Shahrubudin, 2019).

1.2. SISTEMA DE INNOVACIÓN EN EL PERÚ

El concepto de sistema de innovación se presenta como una herramienta para comprender las variaciones de países y regiones en cuanto al progreso tecnológico, especialmente, las diferencias en sus resultados económicos.

De acuerdo con Schumpeter, el crecimiento económico se vincula al desarrollo de la innovación tecnológica de las naciones. Los países que han obtenido una tasa alta de crecimiento han sufrido cambios importantes en la reestructuración de sus aparatos productivos, aprovechando las tecnologías para convertir sus procesos más eficientes y aumentar la gama de productos, impactando en el mercado nacional e internacional. Esta visión destaca el papel de las empresas en la evolución de la innovación tecnológica y progreso científico, es por eso que el modelo lineal de innovación se transforma a uno que permite la interacción entre instituciones de investigación, empresas y clientes, donde cada uno contribuye con conocimiento e información sobre la necesidad para definir las características de la innovación. Así mismo, esta interacción permite la comunicación y divulgación de los avances científicos y tecnológicos, permitiendo que empresas pequeñas, con menos recursos para innovar, tengan acceso a dichos avances (Schumpeter, 1996).

El sistema de innovación tecnológica involucra a las distintas instituciones, empresas y gobierno que interfieren en las actividades científicas y de desarrollo tecnológico, y a la forma en que éstas interactúan entre sí para la generación, divulgación y aplicación del conocimiento. En países en desarrollo como el Perú, este concepto representa una guía para la formulación de políticas (GRADE, 2007).

El Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica del Perú (SINACYT) está compuesto por un grupo de instituciones y personas que se enfocan a la investigación, desarrollo e innovación (Figura 2). Éste articula sus actividades a través de dos instituciones y un grupo de entidades ejecutoras que se especializan en distintas áreas de interés nacional (Market, 2017).

El Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) “es el órgano rector del SINACYT, encargado de dirigir, fomentar, coordinar, supervisar y evaluar las acciones de Estado en todo el país en el ámbito de la ciencia, tecnología e innovación tecnológica; orienta las acciones del sector privado; y ejecuta acciones de soporte que impulsen el desarrollo científico y tecnológico del país” (Plataforma digital única del Estado Peruano, 2021).

El Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica (FONDECYT) “se encarga de captar, gestionar, administrar y canalizar recursos de fuente nacional y extranjera, destinados a las actividades del SINACYT en el Perú” (Plataforma digital única del Estado Peruano, 2021).

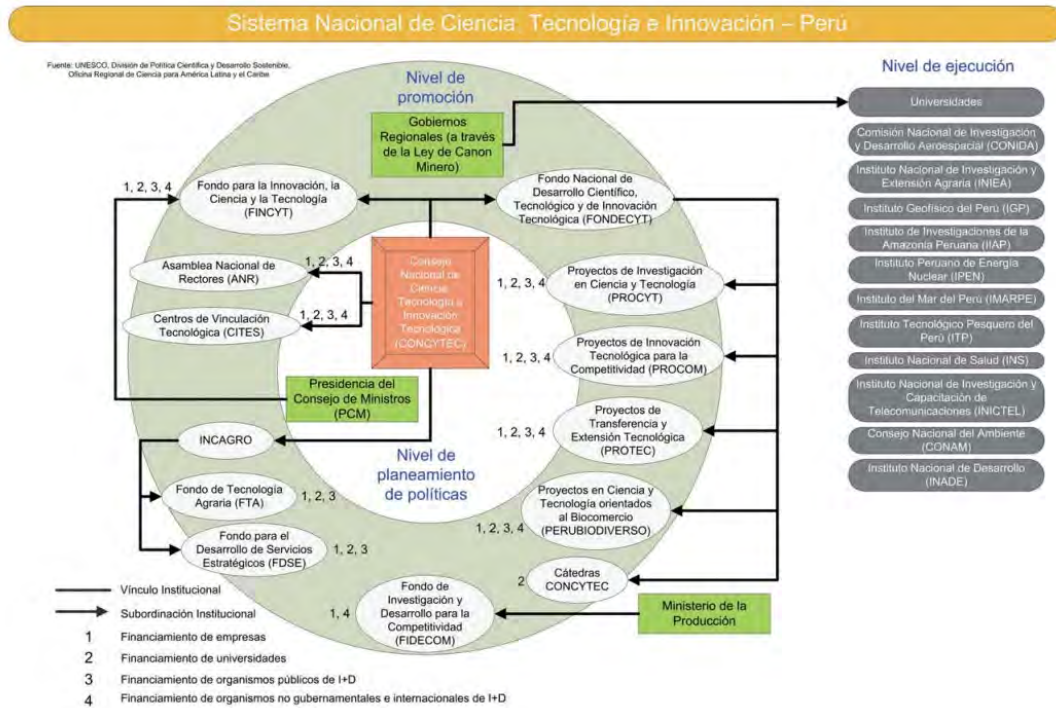


Figura 2. Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación – Perú

Fuente: Lemarchand (2010)

El Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, e Innovación Tecnológica (CONCYTEC), desarrolló en el año 2005 el plan nacional estratégico de ciencia, tecnología e innovación para la competitividad y el desarrollo humano 2006 - 2021 (CONCYTEC, 2005).

El plan tiene como fin generar un cambio importante en la diligencia del SINACYT, considerando el largo plazo, sin importar los cambios de gestión de cada gobierno. Está enfocado a resolver las necesidades prioritarias en cuanto al desarrollo social y económico. Además, prioriza el desarrollo de las capacidades humana a través del soporte infraestructura, equipamiento y conocimiento.

Dicho plan formula un diagnóstico sobre el contexto nacional e internacional de la ciencia, tecnología e innovación y está compuesto por una visión de largo plazo dispuesta por objetivos y líneas de acción, con programas flexibles que pueden ser renovados constantemente. Además, es transversal a diferentes ámbitos como el social, económico, político, cultural y ambiental, y se relaciona con los planes nacionales y regionales, dirigidos por el CEPLAN y de los Gobiernos Regionales.

Entre los obstáculos detectados en el plan nacional estratégico de ciencia, tecnología e innovación para la competitividad y el desarrollo humano 2006 – 2021 (CONCYTEC, 2005), destaca que el problema central consiste en que sus

actividades no se articulan como un sistema de soporte al progreso y a la competitividad de las empresas peruanas. Los aspectos identificados que determinan esta situación se dividen en cuatro grupos:

Grupo 1: Factores relacionados con la innovación tecnológica y la competitividad. Aunque la innovación se identifica como un factor primordial para la competitividad sostenida de las empresas, ésta no se está generando por el mercado nacional e internacional a causa de los siguientes factores:

- a. Condiciones poco favorables para la incorporación de innovaciones (Financieras, normativas, institucionales y tributarias).
- b. Pocos empresarios consideran actividades de innovación como parte de la operación habitual.
- c. La demanda por de servicios científico tecnológicos no es atendida por la oferta local.
- d. Poca inversión en laboratorios acreditados de temas de calidad.
- e. Escasos incentivos económicos para la inversión en CTI.
- f. Falta de mecanismos de transferencia de tecnologías enfocado a las pequeñas y mediana empresas.
- g. Poca articulación con el sistema internacional de producción integrada para atraer inversión del exterior.
- h. Las decisiones de inversión local en CTI lo realizan grupos internacionales.
- i. Escasas sociedades entre empresas, universidades e institutos de investigación.
- j. Falta de institucionalidad que funcionen como intermediaria para la generación de empresas de base tecnológica.

Grupo 2: Factores vinculados con la producción científica y tecnológica. La cual es insuficiente para resolver las necesidades de desarrollo nacional, lo que conlleva a una dependencia de producción científica y tecnológica en países extranjeros. Se han identificado las siguientes causas:

- a. Capacidades limitadas de institutos públicos de I+D para la creación y transferencia de tecnologías al sector productivo.
- b. Limitada capacidad de universidades para atender la demanda del sector social y productivo a través de investigaciones y servicios.
- c. Insuficiente y poca modernidad de la infraestructura y el equipamiento para I+D en los institutos públicos y universidades.

- d. Insuficientes mecanismos que promuevan actividades de innovación a los profesionales dedicados a la investigación, ciencia y tecnología, como mejores condiciones laborales e incentivos.
- e. Falta de interacción entre los investigadores de las mismas o diferentes universidades y centros de investigación del país.
- f. Poca divulgación de los mecanismos de protección de propiedad intelectual y del conocimiento tradicional de las comunidades campesinas y nativas.

Grupo 3: Factores vinculados con las competencias humanas en CTI. Éstas son insuficientes y dispersas. Se detectaron las siguientes causas:

- a. Disminución de la calidad de enseñanza universitaria en CTI, especialmente es especialidades relacionadas al estudio experimental y de campo que busquen solucionar los problemas del país.
- b. Deficiencia en diversos programas de postgrado que no cumplen con los estándares de calidad internacional.
- c. La demanda por técnicos calificados en el sector social y productivo no se satisface.
- d. Limitados mecanismos económicos que promuevan la formación universitaria y técnica en CTI.
- e. Falta de incentivos laborales que promuevan el desarrollo de actividades en CTI.
- f. Falta de infraestructura y actualización de equipamiento para la investigación.
- g. Insuficientes programas de estudios para jóvenes en ciencia y tecnología.
- h. Pocos profesionales con capacidades de gestión de investigaciones y actividad de innovación.

Grupo 4: Factores vinculados con la institucionalidad de la CTI, ésta se presenta debilitada y desarticulada debido a las siguientes causas:

- a. No hay una visión integradora de CTI, y la articulación entre el sector académico y empresarial con las redes internacionales se presenta como débil e insuficiente.
- b. Insuficiente soporte político.
- c. Legislación precaria que estimule el desarrollo y la inversión en CTI.
- d. Limitaciones normativas e institucionales que obstaculizan la gestión y persistencia de las actividades.
- e. Centralización en la ejecución de programas de investigación.

- f. Limitada inversión y pocos mecanismos que incentiven el financiamiento.
- g. Falta de cooperación en redes y programas extranjeros de la CTI.
- h. Poca difusión del avance nacional e internacional de la CTI.

Situación de la innovación en el Perú

En comparación con los países de Latinoamérica, el Perú se presenta en los últimos puestos en el desarrollo de actividades de innovación. Según el World Intellectual Property Organization (WIPO), Perú se posiciona en el puesto 69 de 128 países en 2019. Los indicadores más bajos están relacionados con la limitada generación de artículos científicos y técnicos, la baja cantidad de servicios de telecomunicaciones, el bajo número de patentes con impacto internacional, y la poca interacción de entidades educativas superiores con la industria (WIPO, 2019). Por otro lado, el World Economic Forum (WEF) ubicó al país en el puesto 113 de 137 en el desarrollo de innovación, las variables más bajas se centran en la limitada contratación pública de productos tecnológicos avanzados y la poca inversión de las empresas en I+D (Figura 3).

En el caso del sector público, a pesar de que el gasto de entidades gubernamentales en I+D es bajo, éste presenta incrementos frente a los últimos años, se visualiza un aumento del 0.02% del PBI entre el 2012 y el 2017, alcanzado 0.15% del gasto público total. En cuanto a la inversión privada en empresas manufactureras, el gasto en I+D alcanzó el 0.6% del PIB en el año 2014 y se orientó a la compra y adopción de tecnologías que a la creación (Belapatiño & Perea, 2018).



Figura 3. Índice global de innovación
Fuente: Belapatiño & Perea (2018)

Por otro lado, en el año 2019 el Consejo Directivo del Consejo Nacional de Competitividad y Formalización (CNCF) presenta el Plan Nacional de

Competitividad y Productividad 2019 - 2030, el cual presenta medidas políticas enfocadas a los nueve objetivos prioritarios establecidos en la Política Nacional de Competitividad y Productividad, y tienen como objetivo resolver los retos actuales que enfrenta el país en su paso hacia la modernidad y a convertirse en una nación inclusiva. Los objetivos prioritarios definidos y la entidad conductora se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Objetivos prioritarios y entidades conductoras

N°	Objetivo Prioritario	Entidad Conductora
1	Infraestructura	Ministerio de Economía y Finanzas (MEF)
2	Capital humano	Ministerio de Educación (MINEDU)
3	Innovación	Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC)
4	Financiamiento	Ministerio de la Producción (PRODUCE)
5	Mercado laboral	Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE)
6	Ambiente de negocios	Presidencia del Consejo de Ministros (PCM)
7	Comercio exterior	Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR)
8	Institucionalidad	Presidencia del Consejo de Ministros (PCM)
9	Sostenibilidad ambiental	Ministerio del Ambiente (MINAM)

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas (2019)

Además, el Plan Nacional de Competitividad y Productividad proviene del trabajo y la articulación del sector público, privado y académico a través de los comités técnicos, donde se definieron las bases para políticas que definen hitos concisos de corto, mediano y largo plazo que trascienden diversas administraciones gubernamentales (Ministerio de Economía y Finanzas, 2019).

En relación al objetivo de innovación, el fin es generar capacidades para la generación de innovaciones, adopción de la tecnología y transferencia de mejoras, a través de mecanismos que mejoren la investigación científica y el desarrollo tecnológico, así como la reducción de brechas productivas. Actualmente el avance de este objetivo presenta un cumplimiento del 11.6% representados en 2 hitos. Las actividades que se han desarrollado son el incentivo tributario para I+D en un 60% y la generación de mecanismos para el desarrollo

de la CTI con enfoque regional en un 25% (Ministerio de Economía y Finanzas, 2020).

Evaluación de la innovación en la industria manufacturera

El sistema nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica del Perú ha generado diferentes iniciativas que promueven la innovación en el sector manufacturero.

La última encuesta nacional de innovación permite identificar el número de empresas que están involucradas en por lo menos una actividad de innovación entre el 2012 y 2014. Los resultados ascienden a 5 546 empresas que corresponde al 61,2% del total (Tabla 2). Las empresas que desarrollaron una actividad de innovación pertenecen a la industria de fabricación de equipos de transporte, seguido a la industria de productos alimenticios; elaboración de bebidas; y fabricación de productos médicos y farmacéuticos con 66,0% (Instituto Nacional de estadística e Informática, 2017).

Tabla 2. Perú: Empresas de la industria manufacturera que realizaron actividad de innovación 2012-2014

ACTIVIDADES DE INNOVACIÓN	EMPRESA	
	Total	Porcentaje (%)
TOTAL	9056	100,0
INNOVATIVAS 1/	5546	61,2
NO INNOVATIVAS 2/	3510	38,8

1/ **Innovativas** = Si realizaron actividades de innovación.

2/ **No Innovativas** = No realizaron actividades de innovación.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017)

A pesar de que un gran porcentaje de empresas han participado en actividades de innovación podemos identificar que la actividad que más resalta fue la adquisición de bienes de capital que alcanzó un 72,3%, seguida de la capacitación para actividades de innovación con un 38,8%. Por otro lado, las actividades de I+D externa se presentan con el menor porcentaje de participación, alcanzando solo el 8,8% seguida de la transferencia tecnológica con 14,6% (Figura 4).

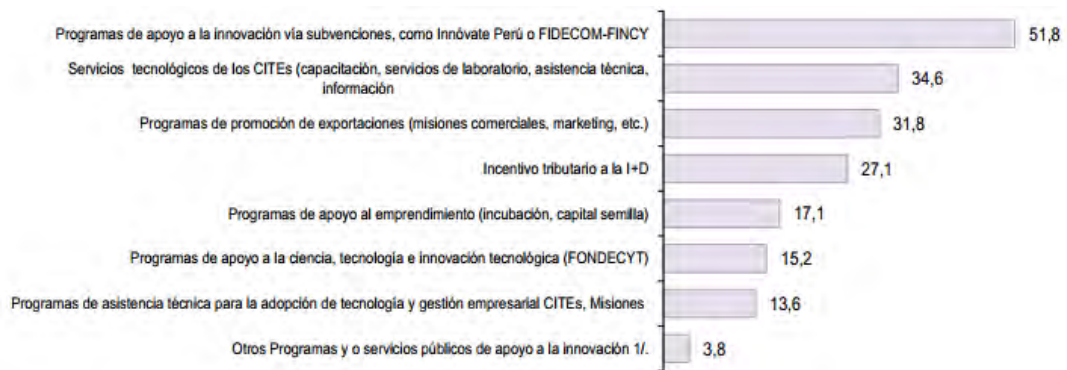


Nota: Pregunta de respuesta múltiple, la suma de los porcentajes no totaliza el 100%. La empresa puede haber realizado más de una actividad de innovación.

Figura 4. Perú: Empresas según actividades de innovación más realizadas 2012-2014 (%)
Fuente: Instituto Nacional de estadística e Informática (2017)

Los resultados muestran que el 83,4% de empresas de la industria manufacturera utilizan recursos propios para realizar alguna una actividad de innovación y el 64,8% lo realizan por medio de la banca comercial privada. A pesar de que existen diferentes iniciativas del estado que financian tareas de innovación, solo el 4% de las empresas optaron por el soporte gubernamental para financiarse.

Además, el estudio resalta un dato importante que podría ser la razón del limitado aprovechamiento de las iniciativas gubernamentales, donde el 49,2% de las empresas manifestaron no conocer los programas y servicios públicos de apoyo a las actividades de I+D. El 50,8% restante de las empresas que conocen dichas iniciativas, destacaron que los programas y servicios de soporte más conocidos fueron Innóvate Perú en un 51,8% y los Servicios Tecnológicos de los CITEs en un 34,6%. Además del total de empresas innovativas de la industria manufacturera que están al tanto de estos iniciativas, solo el 24,9% manifestó haber postulado para acceder a los beneficios brindados al sector (Figura 5).



Nota: Pregunta de respuesta múltiple, la suma de los porcentajes no totaliza el 100%. La empresa puede conocer más de un programa y servicios de apoyo para realizar actividades de innovación.

1/ Incluye programas como ADEX Cámara de Comercio, AGROIDEAS, Instituto tecnológico pesquero, etc.

Figura 5. Perú: Empresas innovativas según conocimientos de programas y servicios públicos de apoyo a las actividades de innovación 2012-2014 (%)

Fuente: Instituto Nacional de estadística e Informática (2017)

Obstáculos para la innovación percibidos por los actores de la industria manufacturera

En base a los resultados de la encuesta nacional de innovación de la industria manufacturera del 2015 se han presentado 2 067 casos de empresas que han reportado obstáculos para desarrollar innovación. Siendo los más importantes el alto costo que representa las actividades de innovación con un 37,3% para empresas innovativas y 43,4% para las no innovativas y la falta de fondos en la empresa en un 33,7% o grupo de empresas en 32,3% (Tabla 3).

Otros factores resalantes es la escasez de personal calificado, el tamaño reducido del mercado, los grandes riesgos asumidos, la falta de financiamiento externo y que las pocas garantías contra el plagio.

Tabla 3. Perú: Empresas de la industria manufacturera según factores que pueden haber obstaculizado el desarrollo de actividades de innovación, 2012-2014

OBSTÁCULOS PARA LAS ACTIVIDADES DE INNOVACIÓN	Innovativas		No Innovativas	
	Alta	Porcentaje (%)	Alta	Porcentaje (%)
	5546		3510	
Dificultades para encontrar socios de cooperación para la innovación	1208	21,8	444	12,7
Escasez de personal calificado	1699	30,7	850	24,3
Falta de financiación de fuentes exteriores a la empresa	1347	24,3	832	23,7
Falta de fondos en la empresa o grupo de empresas	1867	33,7	1133	32,3
Incertidumbre respecto a la demanda de bienes y servicios innovadores	1227	22,2	667	19,0
Infraestructura física inadecuada	1075	19,4	574	16,4
Insuficiente flexibilidad de los reglamentos o normas	992	17,9	699	19,9
Insuficiente información sobre mercados	866	15,6	551	15,7
Insuficiente información sobre tecnologías	1034	18,7	738	21,1
La innovación es fácil de imitar	1329	24,0	839	23,9
La innovación tiene un costo demasiado elevado	2067	37,3	1520	43,4
Limitaciones de las políticas públicas de ciencia y tecnología y sus instrumentos	1082	19,5	768	21,9
Mercado dominado por empresas establecidas	1668	30,1	1122	32,0
Otros obstáculos	92	1,7	303	8,7
Percepción de riesgos económicos excesivos	1405	25,4	975	27,8
Reducido tamaño del mercado	1475	26,6	734	20,9
Rigidez organizativa dentro de la empresa	610	11,0	662	18,9

Nota: Pregunta de respuesta múltiple, la suma de los porcentajes no totaliza el 100%. La empresa puede tener más de un obstáculo que dificultó realizar actividades de innovación.

Fuente: Instituto Nacional de estadística e Informática (2017)

En el caso de los obstáculos financieros y de costo, la mayoría define como principal impedimento el elevado costo que tienen las actividades de innovación con el 37,3% en el caso de empresas innovativas y 43,4% en empresas no innovativas. En cuanto a los obstáculos ligados al conocimiento, un 30,7% de las empresas innovativas destacan que el obstáculo más importante es la escasez de personal calificado. Mientras que las empresas no innovativas consideran que existe poca oferta de personal calificado y no hay suficiente información sobre tecnologías con 24,3% y 21,1% respectivamente. Finalmente, el 19,5% de las empresas innovativas y el 21,9% de las no innovativas manifiestan que el primordial obstáculo para el desarrollo de la innovación son las políticas públicas e instrumentos para la generación de ciencia y tecnología.

1.3. DEFINICIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial, la tecnología de manufactura aditiva ha obtenido un crecimiento exponencial en los diferentes sectores de aplicación. En el país, especialmente en la última década, se han creado diversas iniciativas por parte de empresas, instituciones académicas y entidades gubernamentales para promover la

tecnología de manufactura aditiva como una herramienta de innovación aplicada al desarrollo de nuevos productos, procesos y servicios; sin embargo, se denota un comportamiento distinto, con un crecimiento pausado y en algunos casos un desacierto por parte de empresas e instituciones educativas peruanas en invertir en AM, esa incongruencia origina conjeturas sobre las razones que imposibilitan el crecimiento de dicha tecnología en el país.

A pesar que las universidades tuvieron una función importante en este proceso, ya que fueron las precursoras en adquirir equipamiento, desarrollar aplicaciones y trabajos de investigación, así como formar a los estudiantes con las nuevas competencias que la industria requerirá (Alexandra Berckemeyer, 2018), el progreso en la ciudad de Lima en los últimos 10 años no ha sido el esperado.

Por esa razón se plantea identificar cuáles son los factores que han obstaculizado la introducción de dichas tecnologías y cuáles son las oportunidades que se encuentran en el futuro.

1.4. PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuál es la situación de la manufactura aditiva en Lima en relación a los avances en el mundo?
2. ¿Cuáles son las líneas de acción con mayor relevancia y las actividades relacionadas a la manufactura aditiva con mayor crecimiento en la ciudad de Lima?
3. ¿Cuáles son los factores que obstaculizan la aplicación de la manufactura aditiva en la ciudad de Lima?
4. ¿Cuáles son las oportunidades y potencialidades de la manufactura aditiva en la ciudad de Lima?
5. ¿Cuál es la expectativa a futuro de la manufactura aditiva en la ciudad de Lima?

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo Principal

El objetivo de la investigación es identificar oportunidades y obstáculos, desde la academia, con el fin de utilizar la manufactura aditiva como un instrumento para la generación de innovaciones en Lima Perú.

Objetivos Específicos

1. Realizar un diagnóstico de la situación actual de la manufactura aditiva en Lima en relación con los avances en el mundo.
2. Identificar las líneas de acción con mayor relevancia y las actividades con mayor crecimiento y continuidad en los últimos años en la ciudad de Lima.
3. Identificar los factores que obstaculizan la aplicación de la manufactura aditiva en la ciudad de Lima.
4. Identificar las oportunidades y potencialidades de la manufactura aditiva en la ciudad de Lima.
5. Conocer la percepción de los usuarios acerca de la prospectiva de la manufactura aditiva en la ciudad de Lima.

1.6. HIPÓTESIS

El crecimiento limitado de la tecnología de manufactura aditiva en Lima, dentro del sector empresarial y académico, se debe a que los usuarios perciben más obstáculos que oportunidades para innovar, aplicando la tecnología aditiva.

Hipótesis derivadas

- La situación de la manufactura aditiva en Lima se encuentra en una etapa incipiente y preparatoria.
- La línea de acción con mayor relevancia y crecimiento es la académica.
- La falta de capital económico y recurso humano son los principales obstáculos para la adopción y aplicación de la manufactura aditiva en Lima.
- Las principales oportunidades de la manufactura aditiva impactan en la economía y en la mejora de procesos de producción de las empresas.
- La proyección de la aplicación de la manufactura aditiva en Lima va a ser favorable y abarcará desarrollos en el sector industrial e investigación.

2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. INDUSTRIA 4.0

La cuarta revolución industrial forma parte de la tendencia a nivel global de la digitalización, la cual busca incrementar la eficiencia en la producción a través de la interconexión de personas, máquinas y objetos en la fase industrial. Mediante la conversión de los procesos analógicos a los digitales, se establece una red de conexión que abarca desde la materia prima hasta los procesos logísticas de distribución de los productos terminados. La Industria en general ha pasado por varios cambios a lo largo del tiempo, la primera revolución industrial definida comenzó en el siglo XVIII y se desarrolló a lo largo del siglo XIX. En esta época se aplicaron elementos mecánicos que facilitaron las actividades de producción, a través de la aplicación de energía hidráulica, de vapor o herramientas para máquinas. La segunda revolución industrial se dio a finales del siglo XIX, donde el principal cambio fue el uso de la electricidad en la producción, además se insertó el concepto de producción en serie, el cual conllevaba la organización de tareas específicas con tiempos definidos (Schroeder, 2017). La tercera revolución o también conocida como revolución digital se desarrolló alrededor del año 1970, en ésta se empezó a utilizar la electrónica y las tecnologías de la información para automatizar tareas productivas. La cuarta y última revolución industrial se desenvuelve actualmente, donde el impacto y los cambios se producen en distintos niveles según los sectores (Figura 6) (Blanchet, Rinn, Von Thaden, & Thieulloy, 2014).

El concepto Industria 4.0, que propone aplicar principios y tecnologías del Internet de las cosas (IoT) en la industria manufacturera, fue lanzado en 2011 por un consejo del Gobierno alemán que estaba compuesto por científicos y representantes de la industria. Debido a este origen, el concepto no sólo se caracterizó como un desarrollo tecnológico, sino que también estaba destinado a tener una fuerte implicancia política de posicionar al país como un referente de la ingeniería de la fabricación en la industria (Weyer, Schmitt, Ohmer, & Gorecky, 2015)

Según lo descrito por Angelopoulou, Mykoniatis, y Boyapati, manifiestan que la industria 4.0 representa la implementación y el uso de la tecnología que alterna los procesos tradicionales actuales, con el objetivo de mejorarlos, es por ello que hoy día, muchos fabricantes y organizaciones están haciendo la transición a la

Industria 4.0 al darse cuenta de las ventajas de la fabricación digitalizada y la adaptación de procesos automatizados y altamente basados en datos, que les permiten ofrecer servicios y productos mejorados a los clientes. Sin embargo, el factor humano parece no ser considerado adecuadamente en los procesos de la Industria 4.0, ya que la mayoría de los esfuerzos de investigación persiguen tecnologías más inteligentes. Así mismo, junto con el avance de las tecnologías, la calidad en la fabricación es un requisito previo para producir continuamente productos confiables, y la garantía proactiva de la confiabilidad del producto es siempre una tarea rutinaria crucial para la producción. En este escenario, la Industria 4.0 proporciona un entorno favorable para la evolución de los modelos de confiabilidad (Angelopoulou, Mykoniatis, & Boyapati, 2020).

Ghobakhloo (2020) en su trabajo de investigación Industria 4.0, digitalización y oportunidades para la sostenibilidad, reporta que la cuarta revolución industrial y la transformación digital subyacente, conocida como Industria 4.0, avanza exponencialmente. La revolución digital está remodelando la forma en que las personas viven y trabajan fundamentalmente, y el público sigue siendo optimista con respecto a las oportunidades que la Industria 4.0 puede ofrecer para la sostenibilidad (Ghobakhloo, 2019).

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente considera que la transformación de la producción industrial es un "nuevo paradigma económico en la que la riqueza material no se produce a expensas de los crecientes riesgos ambientales, las carencias ecológicas y las disparidades sociales" (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2011).

Los autores Shrouf, Ordieres y Miragliotta, destacan que la Industria 4.0 implica la conexión de sistemas físicos con interfaces digitales, donde se establecen procesos capaces de recibir información en tiempo real, analizar y modificar la manera de actuar, convirtiendo el proceso más eficiente, permitiendo acortar los tiempos de desarrollo de un producto, individualizar la demanda, flexibilizar los procesos, descentralizar la toma de decisión y utilizar los recursos de manera más eficiente (Shrouf, Ordieres, & Miragliotta, 2014).

Yin Yong, identifica que entre las tecnologías que sustentan la industria 4.0 destaca internet de las cosas (IoT), big data, energías renovables, procesamiento en la nube, inteligencia artificial e impresión 3D (Figura 7) (Yong Yin, 2017).

En el caso de la impresión 3D o manufactura aditiva, ésta permite la producción de objetos tridimensionales a partir de modelos virtuales. Esta tecnología permite la optimización y mejora de calidad en los procesos de diseño y manufactura.

Además, se presenta como una herramienta que permite la personalización y la descentralización de la producción (Bak, 2003).

LAS CUATRO REVOLUCIONES INDUSTRIALES

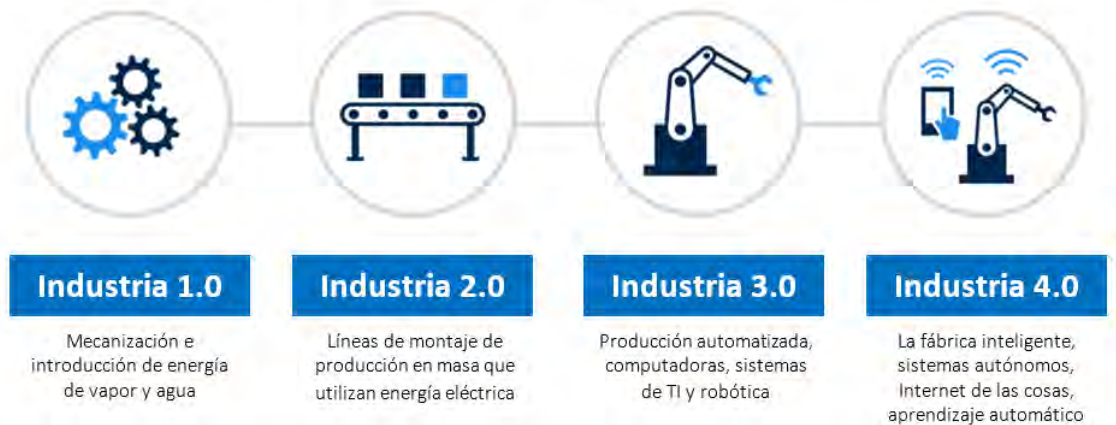


Figura 6. Las cuatro revoluciones industriales

Fuente: Spectral Engines Oy (2020)



Figura 7. Tecnologías de la Industria 4.0

Fuente: Spectral Engines Oy (2020)

2.2. MANUFACTURA ADITIVA

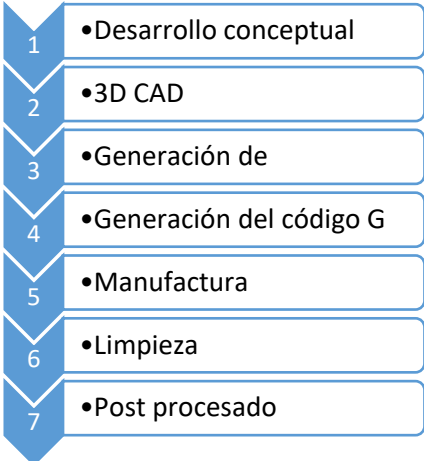
La manufactura aditiva forma parte del conjunto de tecnologías controladas a través de un sistema computarizado llamada CNC (computer numeric control), que permite construir objetos tridimensionales a través de un sistema de control

computarizado (Estados Unidos Patente nº 5.453.933, 1995). Existen diversas tecnologías controladas a través de la computadora, de las cuales, las más representativas son los procesos de impresión 3D, corte láser, mecanizado CNC y digitalizado 3D (Alvarado, 2011).

En base a la definición de American Society for Testing and Materials (ASTM), la manufactura aditiva es un proceso de unión de materiales para hacer objetos a partir de datos del modelo 3D, generalmente a través de la deposición de capas, a diferencia de las metodologías de fabricación sustractivas (ASTM, 2012).

La norma ISO (ISO 52900, 2015) define que la fabricación aditiva es un proceso que emplea una técnica aditiva donde se forma un modelo a través de la adición de capas o unidades sucesivas.

La característica común a las diferentes técnicas de fabricación aditiva son las fases en el proceso de fabricación que parten desde la conceptualización de la idea hasta la obtención del producto final (Figura 8). Entre las etapas con mayor relevancia se dispone: La generación de un modelo tridimensional en un software CAD, el cual se exporta en una extensión compatible al software de laminado, en la mayoría de casos se utiliza es el formato STL (Standard Tessellation Language). La generación del código que le dará las coordenadas de movimiento a los componentes de la máquina, a través de un software de laminado que genera los cortes longitudinales del modelo. Y finalmente, la manufactura de la pieza por medio del movimiento del equipo y la deposición del material por capas (Jiménez, Romero, Dominguez, del Mar Espinosa, & Dominguez, 2019).

Detalle del proceso de un modelo	Proceso conceptual
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollo conceptual de la idea. 2. Diseño del modelo en una aplicación CAD 3D. 3. Generación de un archivo .stl o .amf para permitir que el equipo de fabricación aditiva interprete la información geométrica modelada en CAD. 4. Orientación dentro de la máquina y generación del código G por el equipo de fabricación aditiva. 5. Manufactura del componente. 6. Limpieza, remoción del material de soporte. 	 <p>El diagrama muestra un flujo de 7 etapas conceptuales, cada una en un recuadro con un número del 1 al 7 a la izquierda:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 •Desarrollo conceptual 2 •3D CAD 3 •Generación de 4 •Generación del código G 5 •Manufactura 6 •Limpieza 7 •Post procesado

7. Fase de post proceso	
-------------------------	--

Figura 8. Fases del proceso de manufactura aditiva

Fuente: Adaptación en base a Jiménez, Romero, Dominguez, del Mar Espinosa, & Dominguez (2019)

Sistemas de manufactura aditiva

Bajo el nombre de manufactura aditiva se agrupa una serie de sistemas aditivos de construcción de sólidos. La clasificación más empleada está basada en las características del proceso de fabricación aditiva utilizado, según este criterio el American Society for Testing Materials (ASTM) define siete procesos clave bajo el nombre de manufactura aditiva: extrusión de material (material extrusión), fotopolimerización (Vat Photopolymerization), laminación (Sheet Lamination), fusión de polvo (poder bed fusion), inyección de aglutinante (Binder Jetting) y deposición de energía directa (Direct Energy Deposition), cada proceso está compuesto por diversos sistemas con prestaciones diferentes (Figura 9).

Material Extrusion		Sheet Lamination		Binder Jetting	
FDM	Fused Deposition Modeling	UC	Ultrasonic Consolidation	CJP	ColorJet Printing
FFF	Fused Filament Fabrication	LOM	Laminated Object Manufacturing	PP	Plaster-based 3D Printing
Vat Photopolymerization		Powder Bed Fusion		Material Jetting	
SLA	Stereolithography	SLS	Selective Laser Sintering	MJP	MultiJet Printing
DLP	Digital Light Processing	DMLS	Direct Metal Laser Sintering	PJ	PolyJet
3SP	Scan, Spin, & Selectively Photocure	EBM	Electron Beam Melting	Directed Energy Deposition	
		SHS	Selective Heat Sintering	LMD	Laser Metal Deposition

Figura 9. Sistemas de manufactura aditiva

Fuente: Stratasys (2018)

El proceso más representativo y comercializado a nivel mundial es la extrusión de material, el cual consiste en calentar un filamento termoplástico y depositarlo por capas, el primer sistema patentado de dicha tecnología fue Modelado por Deposición Fundida (Fused Deposition Modeling - FDM), invento generado por Scott S. Crump en el centro de desarrollo de la empresa Stratasys, Inc (Estados Unidos Patente nº 5.121.329, 1989).

El proceso (Figura 10) posee como insumo un filamento de termoplástico enrollado en una bobina [2], el filamento es empujado a través de unos rodillos [3] hacia un cabezal con una boquilla térmica que se mueve en el plano XY [4], llevándolo a un

estado semilíquido y es extruido en la plataforma [1] o en la capa previa de impresión, que desciende gradualmente en el plano del eje Z. Cuando la geometría de la pieza cuenta con voladizos, se imprimen estructuras de soporte que son retiradas posteriormente [5] (Ngo, Kashani, Imbalzano, Nguyen, & Hui, 2018).

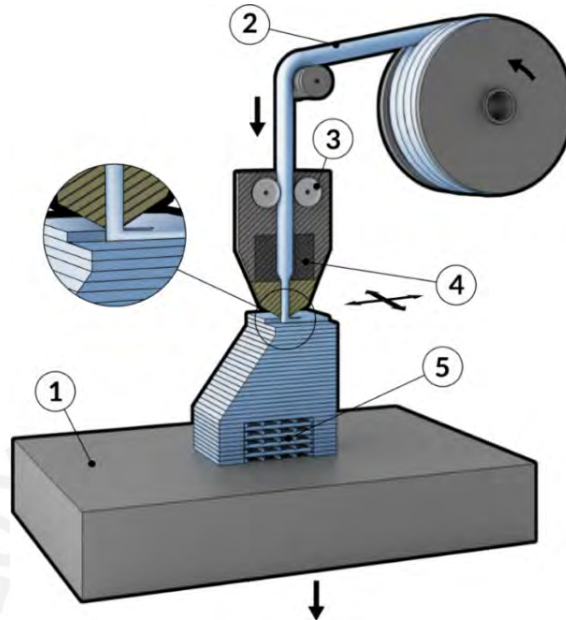


Figura 10. Sistema FDM

Fuente: Manufacturing Guide (2020)

En el grupo de las tecnologías de fotopolimerización, el sistema Estereolitografía (Stereolithography – SLA) se presenta como pionera en las tecnologías de manufactura aditiva. El sistema fue inventado por Charles W. Hull a través de la empresa 3D System (Estados Unidos Patente nº 4.575.330, 1986).

El sistema (Figura 11) se basa en la solidificación focalizada de resina fotopolimérico a través de una láser, el láser se dirige a una sección transversal en el plano XY y apunta hacia una tanque lleno de resina líquida que se desciende gradualmente en el plano Z de acuerdo a la altura de capa definida (Jiménez, Romero, Dominguez, del Mar Espinosa, & Dominguez, 2019).

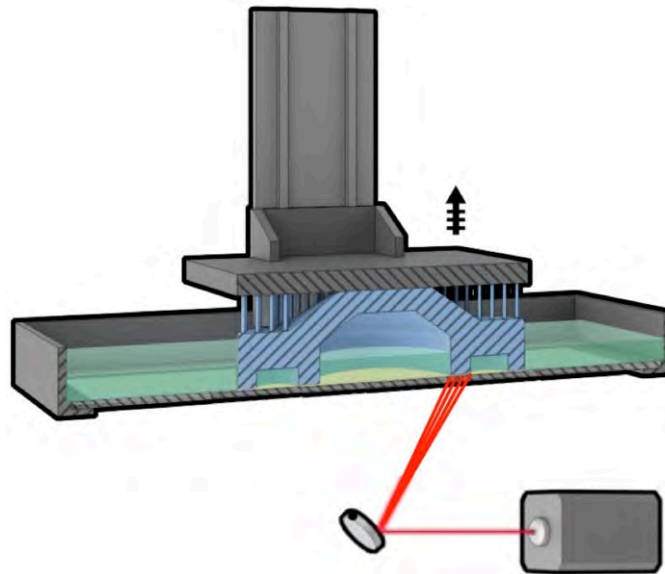


Figura 11. Sistema SLA

Fuente: Manufacturing Guide (2020)

En cuanto al proceso de laminado, el sistema (laminated object manufacturing - LOM) es altamente utilizado, este fue patentado por Michael Feygin, Alexandr Shkolnik, Michael N. Diamond y Emmanuil Dvorskiy a través de la empresa Cubic Technologies Inc. (Feygin, Shkolnik, N. Diamond, & Dvorskiy, 1996).

El sistema (Figura 12) consiste en la construcción de la pieza sobre una plataforma de construcción [1] mediante el apilado de láminas de papel o plástico que son suministrados a través de un rodillo de alimentación [2], el material cuenta con adhesivos sensibles al calor que al aplicar una fuerza de laminación y calor se unen entre sí [3]. Además, posee un dispositivo trazador que se mueve en el plano XY y genera las secciones de la pieza a través de un láser o una herramienta de corte [4] (A. Safaris, 2001).

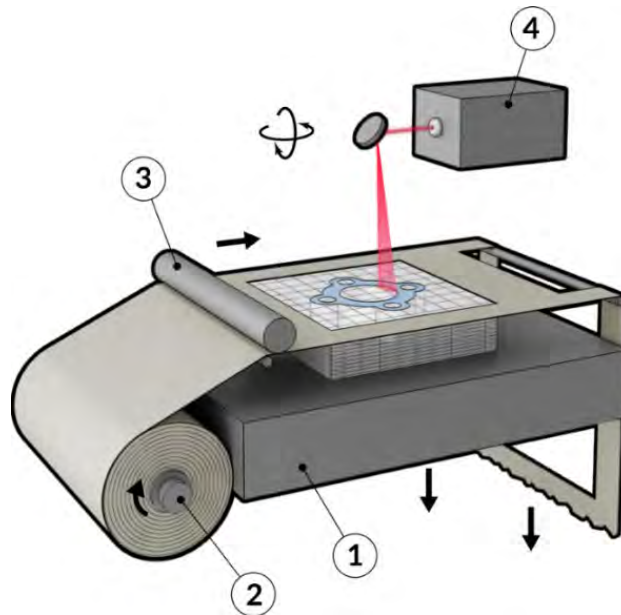


Figura 12. Sistema LOM

Fuente: Manufacturing Guide (2020)

En relación al proceso de fusión de polvo (Figura 13), una de las tecnologías más relevantes es la sinterización directa de metal por láser (Direct Metal Laser Sintering – DMLS), cuyo proceso se basa en fundir capas entre 20 - 60 μm de polvo de metal con un rayo láser CO₂ que se dirige a través de un juego de lentes sobre el material. El metal en polvo [1] se traslada una fina capa de polvo a la plataforma de construcción [2] a través de un rodillo [3] donde el láser sinteriza la sección transversal del modelo [4], el proceso se repite hasta que se construye la totalidad de la pieza (Thomas Duda, 2016).

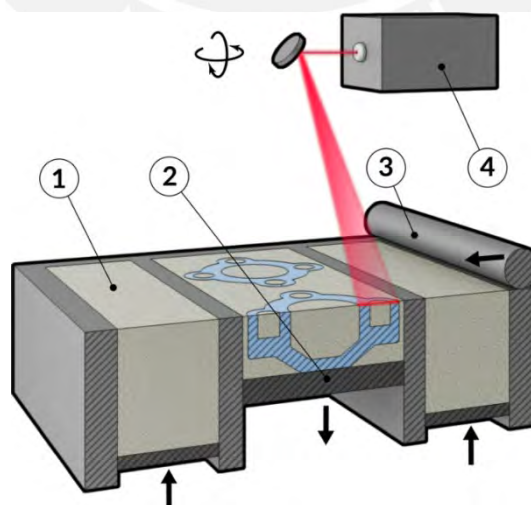


Figura 13. Sistema DMLS

Fuente: Manufacturing Guide (2020)

En cuanto al proceso de inyección de aglutinante (Figura 14), el sistema más utilizado es la impresión por chorro de color (ColorJet Printing – CJP). Éste utiliza un material a base de polvo [1] que se extiende a la plataforma de construcción [2] a través de un rodillo [3], sobre esta capa se inyecta un aglutinante en forma líquida que actúa como un adhesivo entre las capas de polvo. Además cuenta con la posibilidad de inyectar tinta de color con el aglutinante a través de los cabezales de impresión, lo cual permite la combinación y generación de millones de colores y matices (K. Srinivasulu, 2016). Finalmente, la pieza debe ser infiltrada con un recubrimiento para solidificar la superficie (Jiménez, Romero, Dominguez, del Mar Espinosa, & Dominguez, 2019).

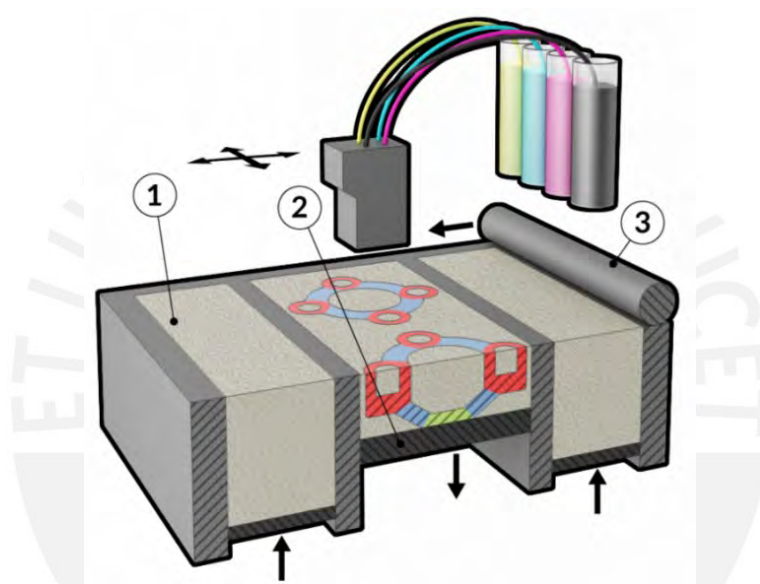


Figura 14. Sistema CJP

Fuente: Manufacturing Guide (2020)

En cuanto a la inyección de material (Figura 15), el referente más importante es el sistema Polyjet (PJ), el cual fue el primer sistema en depositar más de un material en la misma capa, ésta consiste en la construcción de piezas combinando el proceso de inyección de tinta con el proceso de fotopolimerización, el cabezal [1] deposita gotas de 16 micras de resina por capas sobre una plataforma de construcción, cada capa se cura a través de un cabezal que emite luz ultravioleta, para la obtención de multi materiales se cuenta con varios tanques [2-3] que alimentan los cabezales por donde se inyecta la resina y se combina en el proceso (Razvan Udriou, 2017).

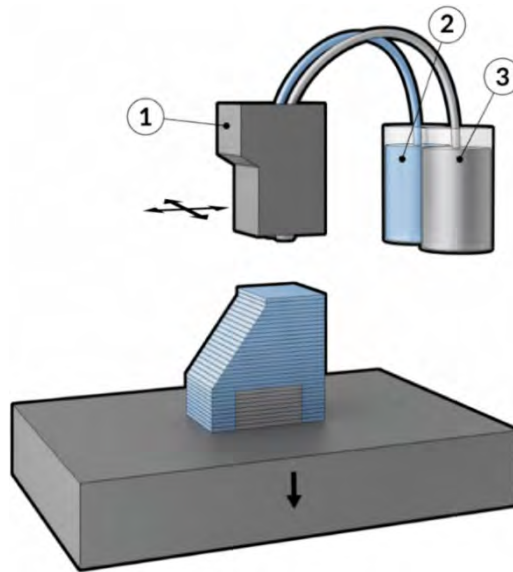


Figura 15. Sistema PJ

Fuente: Manufacturing Guide (2020)

Finalmente, el sistema de deposición de metal por láser (Laser Metal Deposition - LMD) está clasificada en el proceso por deposición de energía directa (Figura 16), el proceso consta en un láser [1] que se enfoca con un lente [2] y crea un baño de fusión en la superficie de un sustrato metálico en el que se inyecta polvo de metal [3] a través de una boquilla por donde pasa una corriente de gas [4] (D D Gu, 2013).

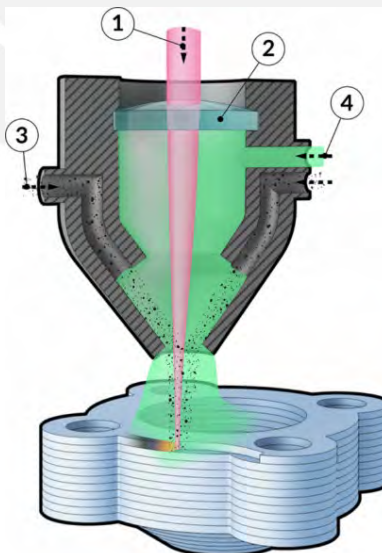


Figura 16. Sistema LMD

Fuente: Manufacturing Guide (2020)

2.3. INNOVACIÓN

Partiendo de la definición establecida por el Manual de Oslo, la innovación es “la concepción e implantación de cambios significativos en el producto, el proceso, el marketing o la organización de la empresa con el propósito de mejorar los resultados” (Manual de Oslo, 2005). Ésta se clasifica en:

- Innovación de producto, el cual implica introducir un bien o servicio nuevo o mejorado. Esta mejora puede significar un cambio en las características técnicas, componentes, materiales, o función al que está destinado, como la usabilidad, la aplicación o los plazos del producto o servicio desarrollado.
- Innovación de proceso, que implica incluir un nuevo o mejorado proceso de producción o de distribución. Lo cual puede implicar cambios en la técnica, materiales, software que permita la reducción de costos de producción o distribución, mejora de la calidad del producto o la producción o distribución del mismo. También implica la incorporación de nuevas técnicas que sirvan en actividades complementarias como tareas logísticas, contables, de mantenimientos, entre otros.
- Innovación en Marketing, implica la aplicación de un nuevo o mejorado método de comercialización que puede consistir en cambios importantes en el diseño, el empaque, el posicionamiento, la promoción, la tarifa, los canales de venta o cualquier cambio que tenga como objetivo el aumento de las ventas.
- Innovación en organización, el cual se explica como la introducción de un nuevo método organizativo en las praxis, los procedimientos, lugar de trabajo o los vínculos exteriores de la empresa. Así como, la actualización en la gestión de conocimiento, la aplicación de nuevos sistemas de gestión en las áreas de producción, suministro y calidad.

Por otro lado, las innovaciones se pueden clasificar en incrementales y radicales. La primera se refiere a la mejora de un producto ya existente por medio de la creación de un valor agregado y la segunda, a un cambio radical o introducción de un nuevo producto, servicio o proceso totalmente nuevo (Manual de Oslo, 2005).

Rúa Pérez, destaca que la innovación se mide por el impacto de esta en el mercado, tanto actual como el efecto que puede tener para generar uno nuevo, y la repercusión de la misma sobre la tecnología o el sistema productivo de la empresa, actual o nueva (Rúa Pérez, 2009).

Además, el manual de Oslo describe las actividades que impulsan el desarrollo de la innovación, entre estas se incluye la investigación básica y avance experimental para generar conocimiento nuevo; el diseño y los métodos creativos que impulsan el desarrollo de nuevos productos y procesos; las actividades de marketing; las acciones relacionadas a la protección de ideas; actividades de formación del recurso humano para usar nuevas innovaciones e implementarla en la institución; el desarrollo de software con el fin de implementar nuevos o mejorados productos y procesos; la compra de activos para facilitar la innovación; y el uso de herramientas de gestión de la innovación (Oslo Manual, 2018).

Objetivos y efectos de la innovación

De acuerdo al manual de Oslo, se pueden identificar los objetivos y los efectos de la innovación de acuerdo al tipo. Para el presente estudio se profundizará en el análisis de los aspectos que impactan directamente al desarrollo de productos y la relación que éste puede tener con la competitividad.

La innovación de productos impacta en la competencia, demanda y mercado (Tabla 4). Esta innovación puede traer como efecto el incremento de la participación en el mercado y la introducción en nuevas actividades comerciales. El desarrollo continuo de nuevos o mejorados productos permite incorporar las necesidades actuales de la demanda local, como el respeto por el medio ambiente, certificaciones técnicas y normas de calidad. Finalmente, estos cambios deben estar enfocados en la optimización del producto y la mejora de la calidad del mismo.

Tabla 4. Objetivos y efectos según el tipo de innovación

Referidos a	Innovaciones de producto	Innovaciones de producto	Innovaciones organizativas	Innovaciones de marketing
Competencia, demanda y mercados				
Reemplazar los productos progresivamente retirados	*			
Aumentar la gama de bienes y servicios	*			
Desarrollar productos respetuosos con el Medio ambiente	*			

Aumentar o mantener la cuota de mercado	*			*
Introducirse en nuevos mercados	*			*
Aumentar la visibilidad o la exposición de los productos				*
Reducir el plazo de respuesta a las necesidades de los clientes		*	*	
Producción y distribución				
Mejorar la calidad de los bienes y servicios	*	*	*	
Mejorar la flexibilidad de la producción o la prestación del servicio		*	*	
Reducir los costes laborales unitarios		*	*	
Reducir el consumo de materiales y de energía	*	*	*	
Reducir los costes de diseño de los productos		*	*	
Reducir las demoras en la producción		*	*	
Cumplir las normas técnicas del sector de actividad	*	*	*	
Reducir los costes de explotación vinculados a la prestación de servicios		*	*	
Aumentar la eficiencia o la rapidez del aprovisionamiento y/o del suministro de los bienes o servicios		*		
Mejorar la capacidad en cuanto a tecnologías de la información		*	*	
Organización del lugar de trabajo				
Mejorar la comunicación y la interacción entre las distintas actividades de la empresa			*	
Intensificar la transferencia de conocimientos con otras organizaciones y el modo de compartirlos			*	
Aumentar la adaptabilidad a las			*	

distintas demandas de los clientes				
Establecer relaciones más estrechas con la clientela			*	*
Mejorar las condiciones de trabajo		*	*	
Varios				
Reducir el impacto ambiental o mejorar la sanidad y la seguridad	*	*	*	
Respetar las normas	*	*	*	

Fuente: Manual de Oslo (2005)

Factores que obstaculizan la innovación

Asimismo, la innovación también encuentra limitaciones y obstáculos que pueden reducir dichas actividades o hasta eliminarlas. Entre los obstáculos más representativos están los asociados a los factores económicos, de conocimiento o los institucionales (Tabla 5).

En cuanto a los factores económicos se identifica la falta de financiamiento propio y las limitadas posibilidades de financiamiento externo a la empresa, ya sea a través de capital privado como del Estado. Además, las actividades de innovación son percibidas como riesgosas y que poseen un alto nivel de inversión.

A nivel de conocimiento, se destaca la ausencia de entidades que brinden tanto información como soporte tecnológico. La ausencia de personal con capacidades para la innovación de productos dentro de la empresa y en el mercado laboral se postula como uno de los grandes obstáculos, el cual se vincula con el rechazo del recurso humano por el cambio, que proviene desde la estructura de la empresa, los gestores tomadores de decisiones y el personal técnico.

En el mercado, encontramos está liderado por grandes corporaciones, dejando poco camino a pequeñas o medianas empresas que no poseen la información necesaria para identificar las demandas actuales.

Finalmente, a nivel institucional, se encuentran deficiencias a todo nivel en relación a la protección de la propiedad intelectual de las innovaciones de este tipo.

Tabla 5. Factores que obstaculizan la innovación

Referidos a	Innovaciones de product	Innovaciones de product	Innovaciones organiza	Innovaciones de
-------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------	-----------------

	o	o	tivas	marketi ng
Factores de coste				
Riesgos percibidos como excesivos	*	*	*	*
Coste demasiado elevado	*	*	*	*
Falta de fondos propios	*	*	*	*
Falta de financiación externa a la empresa				
Capital riesgo	*	*	*	*
Financiación pública	*	*	*	*
Factores vinculados con conocimiento				
Potencial de innovación insuficiente (I+D, diseño, etc.)	*	*		*
Falta de personal cualificado				
Dentro de la empresa	*	*		*
En el mercado laboral	*	*		*
Falta de información sobre la tecnología	*	*		*
Falta de información sobre los mercados	*			*
Insuficiencias en la disponibilidad de servicios externos	*	*	*	*
Dificultad de encontrar socios en cooperación para:				
El desarrollo de productos y procesos	*	*		
Consortios de comercialización				
Rigideces organizativas dentro de la empresa				
Actitud del personal respecto al cambio	*	*	*	*
Actitud de los gestores respecto al cambio	*	*	*	*
Estructura de la dirección de la empresa	*	*	*	*
Incapacidad para afectar personal a las actividades de innovación debido a los requisitos de producción	*	*		
Factores de mercado				
Demanda dudosa de bienes y servicios	*			*

innovadores				
Mercado potencial dominado por empresas establecidas	*			*
Factores Institucionales				
Falta de infraestructura	*	*		*
Debilidad de los derechos de propiedad	*			
Legislación, reglamentos, normas, fiscalidad	*	*		*
Otras razones para no innovar				
No hay necesidad de innovar debido a innovaciones previas	*	*	*	*
No hay necesidad de innovar debido a una falta de demanda de innovación	*			*

Fuente: Manual de Oslo (2005)

2.4. ADOPCIÓN TECNOLÓGICA

La implementación de una innovación tecnológica responde a la necesidad por expansión organizacional y está conducido por la expectativa del crecimiento económico. A pesar de ello, en muchas ocasiones se presenta una oposición al cambio que resulta ser en mayor porcentaje por razones sociales que tecnológicas. Esto conlleva al desarrollo de estrategias que influyan en los paradigmas de las personas que pertenecen a la organización, ya que significa un cambio en sus hábitos diarios (Nuñez & Gómez, 2005).

Según Thomas Kuhn, los paradigmas son desarrollos científicos universalmente aceptados que se presentan por un periodo de tiempo como un marco o modelo para entender ciertos aspectos de la realidad (Kuhn, 1995).

Mires, afirma que los paradigmas representan la manera de observar, distinguir, entender y pensar de las personas, el cual es generado por una comunidad científica que recoge la creencia establecida del colectivo que no es científico, éstas se oficializan en manuales y se establece institucionalmente en organizaciones del contexto. Puede partir de una ciencia especializada, pero tiene la singularidad de transmitirse a múltiples ciencias y disciplinas convirtiéndose en parte de la cultura (Mires, 2009).

En una institución o empresa, los paradigmas se comportan como la base que rige el funcionamiento de las actividades, se establecen las reglas de cómo hacer las

cosas, lo cual trae consigo ciertas limitaciones y encasilla el pensamiento creativo e innovador. Es por eso que un cambio tecnológico requiere una variación de paradigmas, la cual supone una modificación de estructuras, procedimientos y comportamientos, lo cual puede beneficiar a un grupo de persona y perjudicar a otros, es por eso que en algunos casos se presenta la resistencia al cambio (Nuñez & Gomez, 2005).

Robbins, afirma que las fuentes de la resistencia al cambio son de naturaleza individual y organizacional. Comenta que la individual corresponde a la percepción personal en relación a diversos temas como seguridad, factores económicos, temor a lo desconocido y procesamiento selectivo de la información y se ve reflejado en los hábitos y la personalidad. En cambio, a nivel organizacional, las fuentes principales para la resistencia recaen en la inercia grupal, la perspectiva limitada al cambio, las amenazas hacia la experiencia, las relaciones definidas de poder y a la distribución constituida de los recursos. Esta resistencia trae una serie de reacciones psicológicas que son de nivel cognitivo, fisiológico y comportamental, que pueden ser reflejados en acciones abiertas como protestas, reducción de la productividad, trabajo imperfecto o actividades encubiertas como demoras, ausentismo, pérdida de motivación, entre otros. En ese sentido, como las organizaciones están compuestas por individuos y para evitar un efecto multiplicador en la organización, se debe lidiar en primera instancia con la resistencia individual (Robbins, 1999).

En relación a la adopción de una tecnología, se considera como un proceso mental por el que pasa un individuo desde que tuvo contacto por primera vez con la información hasta la implementación final, el cual pasa por diversas etapas: percatamiento, donde el individuo nota la innovación sin poseer el detalle de la misma; interés, etapa que se caracteriza por la motivación del individuo por obtener más información; evaluación, que corresponde a la fase donde la persona considera la posibilidad de experimentar con la innovación y si ésta satisface sus necesidades; la prueba de la innovación, donde se valida la utilidad y se valora la innovación; y adopción, en la cual se decide utilizar de manera regular la innovación. Cabe mencionar que las tres primeras etapas se desenvuelven en el plano psicológico e individual, donde la decisión es personalizada y dependiente de las motivaciones personales. A pesar de esto, estas características no se relacionan con los fracasos de las adopciones (Rogers, 1983).

3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para probar la hipótesis central y derivadas, se realiza un estudio de caso con la universidad referente en la ciudad de Lima en temas de manufactura aditiva.

En primer lugar, en el capítulo 4 se analiza el historial del caso de estudio a través de la recolección, clasificación y análisis de las actividades entre los años 2016 al 2019. Con ello se busca identificar las acciones de mayor crecimiento e impacto, además dividir las áreas a estudiar en la siguiente fase.

Posterior a ello, en el capítulo 5 se realiza un conjunto de entrevistas con un enfoque cualitativo con un alcance a nivel exploratorio, con el fin de identificar la percepción de los usuarios sobre las potencialidades y los obstáculos de la aplicación de la tecnología. Esta aproximación permite indagar de manera dinámica el tema y el caso a estudiar a través de la interpretación de los datos extraídos (Hernández Sampieri, Metodología de la Investigación, 2014). Por otro lado, el estudio exploratorio permite examinar un problema poco estudiado del cual se posee muchas dudas, como es en el caso de la situación de la tecnología de impresión 3D en el contexto peruano.

3.1. OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN

El objeto de estudio es un área dedicada a la introducción de tecnologías de fabricación digital a través de la formación, investigación y el soporte tecnológico de una institución educativa superior. Con fines de confidencialidad se denominó “Área X” al caso en estudio. Como parte de la investigación, se identificaron actores que se vinculan a la unidad de análisis a través del desarrollo de actividades académicas, investigación y servicios, éstos serán identificados como “académicos”, “investigadores” y “empresarios”.

3.2. ESTRATEGIA DE MUESTREO

Se plantea una estrategia de muestreo no probabilística o dirigida, la cual supone una selección orientada a las características de la investigación y no necesariamente por un criterio estadístico, por ello se seleccionaron casos típicos sin ser estadísticamente representativos (Hernández Sampieri, Metodología de la investigación, 2014).

La selección de la muestra se realizó en base a las líneas de acción mostradas en el caso de estudio: académico, investigación e industria.

Los criterios de selección fueron:

Segmento: Personal académico

- Rubro: Docencia en institución educativa superior
- Locación geográfica: Lima Metropolitana
- Experiencia con manufactura aditiva: Dictado de 2 asignaturas donde se aplique AM

Segmento: Personal investigador

- Rubro: Investigador en institución educativa superior
- Locación geográfica: Lima Metropolitana
- Experiencia con manufactura aditiva: Participación en dos investigaciones donde se aplique AM

Segmento: Empresario

- Rubro: Gerente general, jefe de área de manufactura, jefe de área de diseño o jefe de área de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i)
- Tamaño: Micro, pequeña y mediana empresa (MIPYME)
- Locación geográfica: Lima Metropolitana
- Experiencia con manufactura aditiva: 2 años aplicando AM

3.3. RECOLECCIÓN DE LOS DATOS Y MEDICIÓN

El método utilizado fue la recolección de datos por medio de entrevistas no estructuradas con guías, la cual posee un listado de temas de interés que se van profundizando en el transcurso de la entrevista, se realiza un diálogo profundo y un margen amplio de libertad para formular preguntas en el transcurso de la misma (Behar Rivero, 2008).

Se entrevistaron a nueve usuarios, tres con experiencia en actividades académicas, tres enfocados en la investigación y los últimos tres involucrados en la industria. Se contactó a los usuarios a través de correo electrónico o teléfono con el fin de programar una cita para el desarrollo de la entrevista, éstas se realizaron en persona y vía telefónica, además de ser grabadas con el consentimiento del entrevistado para ser transcritas posteriormente.

Para la obtención de los datos se desarrolló un temario guía y un cuestionario con preguntas cerradas y abiertas. El temario se dividió en cinco variables: 1)

Información general. 2) Diagnóstico de la situación actual. 3) Obstáculos de la manufactura aditiva. 4) Oportunidades de la manufactura aditiva. 5) Prospectiva de la manufactura aditiva. Las variables relacionadas a los obstáculos y oportunidades se basaron en la clasificación que define la Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación en el Manual de Oslo (Oslo, 2005).

3.4. CUESTIONARIO

El cuestionario está dividido en 5 variables. La primera variable se enfoca en recolectar la información general del usuario; la segunda tiene como fin identificar los valores relacionados a la situación actual en cuanto a I+D+i y manufactura aditiva en el país; la tercera se enfoca en encontrar los obstáculos en el uso de la tecnología vinculados a temas económicos, conocimientos, mercado, competencia e institución; la cuarta busca obtener los factores relacionados a las oportunidades para la tecnología relacionadas a la competencia, demanda, mercado, producción, distribución, y aspectos organizacionales; finalmente, la última variable tiene como objetivo detectar la percepción en cuanto a prospectiva de la tecnología aditiva.

Cabe resalta, que la estructura de las variables 3 y 4 están basadas en los obstáculos y oportunidades definidas por el Manual de Oslo sobre innovación, entre ella se seleccionó las interrogantes con mayor relevancia según el público a entrevistar y se mantuvo un número igual entre los factores relacionados a los obstáculos y oportunidades.

Tabla 6. Cuestionario para académicos

CUESTIONARIO PARA ACADÉMICOS		
Variable	Objetivo	Pregunta
Variable 1: Información general	Definir el perfil de usuario	Nombre / Grado académico / Facultad / asignatura a cargo
		¿Cuáles son los contenidos que se enseñan en la asignatura? Fabricación digital
		¿Cuántas asignaturas se han dictado?
Variable 2: Diagnóstico de la situación local	Definir la situación actual en I+D+i	¿En la asignatura se desarrollan temas relacionados a innovación?
		¿Cómo se aplican temas de innovación?
	Definir el	¿Cuál es la metodología que se utiliza?
		¿Utilizan AM en la asignatura?

	nivel de uso de tecnologías AM en los procesos de innovación y desarrollo	¿Cuenta con la tecnología dentro de su institución o terceriza el servicio?		
		¿Qué tecnologías AM utiliza?		
		¿Para qué aplicaciones lo utiliza?		
		¿Cuál es la metodología que se utiliza?		
		¿Cuántas horas requiere para enseñar AM?		
		¿Cuáles son los beneficios de utilizar AM?		
Variable 3: Obstáculos	Identificar la percepción general de los obstáculos en el uso de AM	¿Cuáles son los obstáculos para el uso de AM?		
		¿Cuáles son los obstáculos relacionados a los costes?	Riesgos percibidos como excesivos	
			Coste demasiado elevado	
			Falta de fondos propios	
			Falta de financiación externa	
		¿Cuáles son los obstáculos relacionados al conocimiento?	Potencial de innovación insuficiente (I+D, diseño, etc.)	
			Falta de personal cualificado	
			Falta de información sobre la tecnología	
			Insuficiencias en la disponibilidad de servicios externos	
				Rigideces organizativas dentro de la empresa
		¿Cuáles son los obstáculos relacionados al mercado o competencia?	Demanda dudosa de bienes y servicios innovadores	
			¿Cuáles son los obstáculos relacionados a la institución?	Falta de infraestructura
	Debilidad de los derechos de propiedad			
Variable 4: Oportunidades	Identificar la percepción general de las	¿Cuáles son las oportunidades de AM?		
		¿Cuáles son las oportunidades relacionadas a	Aumentar la gama de asignaturas	
			Desarrollar productos	

	oportunidades en el uso de AM	la competencia, demanda y mercado?	respetuosos con el medio ambiente	
			Aumentar o mantener la cuota de alumnos	
			Aumentar la visibilidad o la exposición de los productos académicos	
			Reducir el plazo de respuesta a las necesidades de los alumnos	
		¿Cuáles son las oportunidades relacionadas a la producción y distribución?		Mejorar la calidad de los productos académicos
				Mejorar la flexibilidad de la producción
				Reducir los costes laborales unitarios
				Reducir el consumo de materiales y de energía
				Reducir los costes de diseño de los productos
		¿Cuáles son las oportunidades relacionadas a la organización del lugar de trabajo?		Reducir las demoras en la producción
				Mejorar la comunicación y la interacción entre las distintas actividades de la asignatura
		Variable 5: Prospectiva	Identificar las posibilidades a futuro de la tecnología	¿Cuál es la tendencia a futuro de AM?
¿Cuáles son los sectores que van a crecer a futuro?				

Fuente: Adaptado de Manual de Oslo (2005)

Tabla 7. Cuestionario para académicos

CUESTIONARIO PARA INVESTIGADORES			
Variable	Objetivo	Pregunta	
Variable 1: Información general	Definir el perfil de usuario	Nombre / Grado académico / Facultad / grupo o área de investigación	
		¿Cuáles son los temas de investigación?	
		¿Cuántos años como investigador posee?	
Variable 2: Diagnóstico de la situación local	Definir la situación actual en I+D+i	¿En las investigaciones se desarrollan temas relacionados a innovación?	
		¿Cómo se aplican temas de innovación?	
		¿Cuál es la metodología que se utiliza?	
	Definir el nivel de uso de tecnologías AM en los procesos de innovación y desarrollo	¿Utilizan AM en las investigaciones?	
		¿Cuenta con la tecnología dentro de su institución o terceriza el servicio?	
		¿Qué tecnologías AM utiliza?	
		¿Para qué aplicaciones lo utiliza?	
		¿Cuál es la metodología que se utiliza?	
		¿Cuántas horas requiere para desarrollar el proyecto con AM?	
		¿Cuáles son los beneficios de utilizar AM?	
Variable 3: Obstáculos	Identificar la percepción general de los obstáculos en el uso de AM	¿Cuáles son los obstáculos para el uso de AM?	
		¿Cuáles son los obstáculos relacionados a los costes?	Riesgos percibidos como excesivos
			Coste demasiado elevado
			Falta de fondos propios
			Falta de financiación externa
		¿Cuáles son los obstáculos relacionados al conocimiento?	Potencial de innovación insuficiente (I+D, diseño, etc.)
			Falta de personal cualificado
			Falta de información sobre la tecnología
			Insuficiencias en la disponibilidad de servicios externos
			Rigideces organizativas dentro de la empresa
¿Cuáles son los	Falta de infraestructura		

		obstáculos relacionados a la institución?	Debilidad de los derechos de propiedad
Variable 4: Oportunidades	Identificar la percepción general de las oportunidades en el uso de AM	¿Cuáles son las oportunidades de AM?	
		¿Cuáles son las oportunidades relacionadas a la competencia, demanda y mercado?	Aumentar la gama de investigaciones
			Desarrollar productos respetuosos con el medio ambiente
			Aumentar o mantener la cuota de investigaciones
			Aumentar la visibilidad o la exposición de los productos
		¿Cuáles son las oportunidades relacionadas a la producción y distribución?	Mejorar la calidad de las investigaciones
			Mejorar la flexibilidad de la producción
			Reducir los costes laborales unitarios
			Reducir el consumo de materiales y de energía
			Reducir los costes de diseño de los productos
Variable 5: Prospectiva	Identificar las posibilidades a futuro de la tecnología	¿Cuáles son las oportunidades relacionadas a la organización del lugar de trabajo?	Mejorar la comunicación y la interacción entre las distintas actividades de investigación
		¿Cuál es la tendencia a futuro de AM?	
		¿Cuáles son los sectores que van a crecer a futuro?	

Fuente: Adaptado de Manual de Oslo (2005)

Tabla 8. Cuestionario para adámicos

CUESTIONARIO PARA EMPRESAS			
Variable	Objetivo	Pregunta	
Variable 1: Información general	Definir el perfil de usuario	Nombre de la empresa / tamaño	
		¿Cuáles son los principales procesos que se realizan en la empresa?	
		¿Cuántos años lleva en el mercado?	
		¿Cuántos años de experiencia posee?	
Variable 2: Diagnóstico de la situación local	Definir la situación actual en I+D+i	¿Existe un área o departamento dedicado a la innovación y desarrollo?	
		¿Cuántas personas trabajan en esa área?	
		En promedio ¿Cuánto invierten en I+D+i?	
		¿Cuáles son las actividades que se desarrollan en esa área?	
		¿Cuál es la metodología que se utiliza?	
	Definir el nivel de uso de tecnologías AM en los procesos de innovación y desarrollo	¿Utilizan AM para esas actividades?	
		¿Cuenta con la tecnología dentro de su institución o terceriza el servicio?	
		¿Qué tecnologías AM utiliza?	
		¿Para qué aplicaciones lo utiliza?	
		¿Cuáles son los beneficios de utilizar AM?	
Variable 3: Obstáculos	Identificar la percepción general de los obstáculos en el uso de AM	¿Cuáles son los obstáculos para el uso de AM?	
		¿Cuáles son los obstáculos relacionados a los costes?	Riesgos percibidos como excesivos
			Coste demasiado elevado
			Falta de fondos propios
			Falta de financiación externa
		¿Cuáles son los obstáculos relacionados al conocimiento?	Potencial de innovación insuficiente (I+D, diseño, etc.)
			Falta de personal cualificado
			Falta de información sobre la tecnología
			Falta de información sobre los mercados
			Insuficiencias en la

			disponibilidad de servicios externos
			Rigideces organizativas dentro de la empresa
			Incapacidad para afectar personal a las actividades de innovación debido a los requisitos de producción
		¿Cuáles son los obstáculos relacionados al mercado o competencia?	Demanda dudosa de bienes y servicios innovadores
			Mercado potencial dominado por empresas establecidas
		¿Cuáles son los obstáculos relacionados a la institución?	Falta de infraestructura
			Debilidad de los derechos de propiedad
Variable 4: Oportunidades	Identificar la percepción general de las oportunidades en el uso de AM	¿Cuáles son las oportunidades de AM?	
		¿Cuáles son las oportunidades relacionadas a la competencia, demanda y mercado?	Reemplazar los productos progresivamente retirados
			Aumentar la gama de bienes y servicios
			Desarrollar productos respetuosos con el Medio ambiente
			Introducirse en nuevos mercados
			Reducir el plazo de respuesta a las necesidades de los clientes
		¿Cuáles son las oportunidades relacionadas a la producción y distribución?	Mejorar la calidad de los bienes y servicios
			Mejorar la flexibilidad de la producción o la prestación del servicio
			Reducir los costes laborales unitarios

			Reducir el consumo de materiales y de energía
			Reducir los costes de diseño de los productos
			Reducir las demoras en la producción
			Cumplir las normas técnicas del sector de actividad
		¿Cuáles son las oportunidades relacionadas a la organización del lugar de trabajo?	Mejorar la comunicación y la interacción entre las distintas actividades de la empresa
			Intensificar la transferencia de conocimientos con otras organizaciones y el modo de compartirlos
			Establecer relaciones más estrechas con la clientela
Variable 5: Prospectiva	Identificar las posibilidades a futuro de la tecnología	¿Cuál es la tendencia a futuro de AM?	
		¿Cuáles son los sectores que van a crecer a futuro?	

Fuente: Adaptado de Manual de Oslo (2005)

4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE CASO

El “área X” se creó en el mes de mayo del año 2013 como un proyecto del Vicerrectorado Administrativo, con el objetivo de insertar en el campo universitario e industrial nuevas tecnologías de manufactura digital. La actividad inicial se realizó en mayo, la cual fue la implementación del espacio y la puesta en marcha de la primera impresora industrial de la universidad. El inicio de los servicios se realizó en el mes de agosto.

A partir del 2014 se inició el desarrollo del plan estratégico del área que tuvo como fin definir los objetivos de largo plazo del área, ordenar los procesos, definir indicadores de desempeño, definir presupuestos y cronogramas anuales. Además, se dividieron las actividades en 4 áreas de acción: academia, investigación, industria y difusión.

4.1. PRINCIPALES RESULTADOS EN ACTIVIDADES ACADÉMICAS

Las actividades académicas están compuestas por iniciativas enfocadas a introducir las tecnologías en campus universitario a través del dictado de cursos de pregrado, cursos de extensión, capacitaciones gratuitas y servicios subvencionados.

Dictado de cursos de pregrado

El área ha generado vínculos con diferentes facultades para introducir temas de fabricación digital en cursos de pregrado, donde el aporte ha involucrado infraestructura, materiales y docencia. En el periodo de análisis (Tabla 9) se puede visualizar que cada año se ha participado en promedio en una asignatura y que el dictado solo se ha mantenido en la especialidad C.

Tabla 9. Dictado de cursos de pregrado

Descripción	2016	2017	2018	2019
Nº personas	12	140	120	115
Nº de cursos dictados	1	2	1	1
Especialidades	A	B - C	C	C

Elaboración propia

Actividades de formación continua

Desde el 2014, el área ha brindado actividades de formación continua enfocadas en temas de diseño, robótica, modelado CAD y fabricación digital, dirigidos al público general y con un costo de matrícula. Como se visualiza en la Tabla 10, en los últimos cuatro años el crecimiento en ingresos ha sido progresivo, alcanzando el 2019 un 30% más en relación al año anterior.

Tabla 10. Actividades de formación continua

Descripción	2016	2017	2018	2019
Nº personas	30	131	134	214
Nº de cursos	2	7	6	15
Ingresos	S/ 40,147	S/ 193,041	S/ 274,560	S/ 257,850

Elaboración propia

Capacitaciones a la comunidad universitaria en el manejo de las tecnologías 3D

El área X, ha desarrollado capacitaciones gratuitas enfocadas a los alumnos, docentes e investigadores de la universidad, éstas buscan enseñar el manejo de las impresoras 3D de escritorio y se realizan por medio de convocatorias abiertas y a través de la coordinación con docentes, jefes de grupos de investigación, laboratorios o coordinadores de facultad. Se puede visualizar (Tabla 11) un incremento casi regular en la cantidad de capacitaciones y número de personas impactadas, a excepción del año 2018, el cual por razones de reducción de personal se redujeron las metas.

Tabla 11. Capacitaciones a la comunidad

Descripción	2016	2017	2018	2019
Nº personas	185	226	100	357
Nº capacitaciones	12	14	7	32

Elaboración propia

Proyectos académicos subvencionados a la comunidad universitaria

El área cuenta con una subvención parcial para el desarrollo de proyectos académicos de la comunidad (alumnos, profesores y administrativos), hasta el año 2019 se han realizado servicios a las siguientes especialidades de la universidad: Ingeniería Mecatrónica, Electrónica, Mecánica, Minas, Biomédica, Laboratorio Acústica, Laboratorio de Óptica Cuántica, Laboratorio de Materiales, Diseño Industrial, Diseño Textil, Diseño Gráfico, Grabado, Pintura, Escultura, Arquitectura y Ciencias de la Comunicación. En la Tabla 12, se puede observar que en los años

de estudio se ha reducido la cantidad de servicios subvencionados, sin embargo, el ingreso económico se ha incrementado. Por lo que se puede dilucidar que a partir del 2017 se han desarrollado servicios de mayor complejidad y presupuesto.

Tabla 12. Proyectos académicos subvencionados

Descripción	2016	2017	2018	2019
N° de servicios	532	120	18	115
Monto subvencionado	S/7,312	S/39,487	S/15,000	S/28,894

Elaboración propia

4.2. PRINCIPALES RESULTADOS EN ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN

Las actividades de investigación están conformadas principalmente por el desarrollo de proyectos de investigación con financiamiento propio y del Estado.

Proyectos de tesis

Con el fin de promover la investigación en la universidad en temas relacionados a la manufactura aditiva, el área X soporta proyectos de investigación de tesis de pregrado, posgrado y doctorado por medio de una subvención del 100%, este apoyo implica capacitación, asesoría, materiales y el préstamo de equipos. En la Tabla 13, se visualiza un crecimiento poco constante del número de tesis desarrolladas, notándose una reducción en el 2017 en relación al año previo y un aumento del 100% en el 2019.

Tabla 13. Tesis

Descripción	2016	2017	2018	2019
Proyectos de tesis	5	3	3	6

Elaboración propia

Publicaciones y participación en conferencias internacionales

Anualmente se considera la participación en congresos internacionales a través de publicaciones científicas y la participación en conferencias internacionales. Estas actividades mantienen un crecimiento gradual (Tabla 14).

Tabla 14. Publicaciones y conferencias

Descripción	2016	2017	2018	2019
Publicaciones	0	1	2	2

Conferencias internacionales	1	1	2	2
------------------------------	---	---	---	---

Elaboración propia

Proyectos de investigación elaborados internamente

Los proyectos incentivados por el área tienen el objetivo de investigar y desarrollar nuevas tecnologías, aplicaciones y materiales. Estos han sido gestionados, diseñados y fabricados por el recurso humano del área con la participación de alumnos, docentes y laboratorios de la universidad. Entre los proyectos con mayor impacto resalta la fabricación de una impresora 3D de chocolate y una impresora 3D de cemento, el diseño de una prótesis funcional de mano que incentivó la postulación posterior a un fondo estatal y el diseño de un robot inteligente, el cual obtuvo diversos premios internacionales. De acuerdo a la Tabla 15, se visualiza que en el 2017 se incrementaron más de 8 veces el número de proyectos, esto se debe a que en ese año se implementó un curso de especialización donde se desarrollaron proyectos complejos y que sirvieron como antecedente para investigaciones, publicaciones, postulaciones, entre otros

Tabla 15. Proyectos elaborados internamente

Descripción	2016	2017	2018	2019
Proyectos elaborados	2	1	2	17

Elaboración propia

Patentes

Como resultado del desarrollo de proyectos se han obtenido dos patentes de modelo de utilidad, la primera en el 2016 por el diseño de una prótesis mecánica y la segunda en el 2017 por el desarrollo de un robot inteligente. Además, se encuentran dos modelos de utilidad en trámite (Tabla 16).

Tabla 16. Patentes

Descripción	2016	2017	2018	2019
Patentes	1	1	0	0

Elaboración propia

Proyectos financiados a través de fondos concursables

Con el objetivo de incrementar el desarrollo de la investigación en tecnologías de fabricación digital se ha buscado el financiamiento a través de fondos concursables del Estado, esto se ha logrado a través de alianzas con diferentes unidades de la universidad.

Al 2019 se ha obtenido un financiamiento total de S/ 1, 231,031, de los cuales el 50% ha impactado directamente en las actividades del área (Tabla 17). Estos financiamientos han permitido la adquisición de equipamiento, la contratación temporal de personal y el desarrollo de servicios e investigaciones.

Tabla 17. Proyectos financiados

Descripción	2016	2017	2018	2019
Proyectos	1	1	1	1
Fondo total	S/ 100,000	S/ 399,547	S/ 160,000	S/ 571,484
Duración años	2016-2018	2017-2020	2018-2019	2019-2022

Elaboración propia

4.3. PRINCIPALES RESULTADOS EN SERVICIOS A LA INDUSTRIA

La participación en la industria se realiza a través de servicios tecnológicos, estos no solo permiten una actualización constante de las necesidades de las empresas por medio del contacto directo, sino también, obtener un porcentaje de ingresos que permiten la sostenibilidad del área.

Servicios de Manufactura Digital

El área X brinda soporte tecnológico a la industria por medio de los siguientes servicios especializados: servicio de desarrollo, diseño y mejora de productos, servicio de impresión 3D, servicio de corte láser, servicio de digitalizado 3D e ingeniería inversa.

Entre los años 2016 al 2019, los ingresos totales son equivalente a S/ 589,662 a través de 537 servicios (Tabla 18).

Tabla 18. Servicios a la industria

Descripción	2016	2017	2018	2019
N° de servicios	60	107	280	90
Ingresos	S/ 112,716	S/ 260,053	S/ 102,000	S/ 120,000

Elaboración propia

Asesorías especializadas a la industria

Se han brindado asesorías especializadas a empresas, el cual consiste en el desarrollo de una propuesta de adopción de la tecnología de acuerdo a sus necesidades, esta implica la identificación y comparación de equipos en base a los requerimientos técnicos, económicos, infraestructura y proveedores. Como se

denota en la Tabla 19, en el 2016 se realizaron dos asesorías y solo una en el 2019.

Tabla 19. Asesorías

Descripción	2016	2017	2018	2019
N° de servicios	2	0	0	1

Elaboración propia

4.4. PRINCIPALES RESULTADOS EN ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Se busca difundir la tecnología y los campos de aplicación por medio de la participación en ferias tecnológicas, conferencias externas, publicación de notas de prensa externas e internas y publicaciones en redes sociales.

Difusión en medio digital

Con el fin de promover el uso de la tecnología y los servicios se desarrollan actividades de difusión en medios digitales como publicaciones en Facebook, Instagram y linkedin. En la Tabla 20, se puede visualizar un crecimiento exponencial en el 2017, una reducción en el 2018 y un aumento leve en el 2019, esto se debe a que en el 2018 se realizó una reducción de personal, principalmente en el área comercial.

Tabla 20. Medios digitales

Descripción	2016	2017	2018	2019
Publicaciones en Facebook	29	186	124	134
Publicaciones en Instagram	0	32	42	167

Elaboración propia

Participación en notas de prensa

Se busca tener presencia en medios de prensa interna y externa, al 2019 se ha participado en 59 notas de prensa en prensa escrita, digital, radial y televisiva (Tabla 21).

Tabla 21. Notas de prensa

Descripción	2016	2017	2018	2019
Notas de prensa	13	19	8	19

Elaboración propia

Participación en conferencias y charlas

Se participa de manera activa como invitados en diferentes charlas y conferencias de manufactura digital dentro y fuera de la universidad. Al momento, se han realizado 112 conferencias con una participación de 3750 personas (Tabla 22).

Tabla 22. Conferencias y charlas

Descripción	2016	2017	2018	2019
N° asistentes total	530	1235	1221	420
N° de conferencias	13	48	22	17

Elaboración propia

Participación en ferias tecnológicas

La intervención en ferias tecnológicas representa una actividad importante para llegar al público objetivo y presentarse como referente a nivel nacional, sin embargo, esta participación implica, en la mayoría de casos, una inversión elevada que incluye el alquiler del espacio, la tercerización del stand, el pago al personal, entre otros. Desde el 2016 se ha participado en las ferias tecnológicas de mayor relevancia, hasta el momento se ha participado en 9 ferias con un promedio de visitas en cada una de 30 000 personas (Tabla 23).

Tabla 23. Ferias tecnológicas

Descripción	2016	2017	2018	2019
N° de ferias asistidas	2	2	1	0
N° visitantes a la feria	45000	30100	30000	0

Elaboración propia

Eventos desarrollados por el área X

Una de las actividades de difusión que permite divulgar de manera integral los avances de la tecnología y los servicios a disposición del público general es la ejecución de eventos especializados en manufactura digital. A la fecha se han realizado 17 eventos con una convocatoria total de 1000 personas (Tabla 24).

Tabla 24. Eventos desarrollados por el área

Descripción	2016	2017	2018	2019
N° de eventos	2	5	1	10
N° asistentes total	135	165	98	350

Elaboración propia

4.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ESTUDIO DE CASO

A nivel de resultados académicos, se observa que las capacitaciones gratuitas poseen mayor impacto en cuanto al número de personas que se involucran con la tecnología aditiva con un total de 868 personas, seguida por el desarrollo de proyectos académicos con 785 personas. Sin embargo, el desarrollo de actividades de formación continua tiene un impacto equivalente a 509 personas y se registra como el principal canal de ingresos, sumando un total de 865,598 soles (Tabla 25).

Tabla 25. Resumen de actividades académicas del 2016 al 2019

Descripción	N° personas	N° actividades	N° ingresos
Dictado de cursos de pregrado	387	5	S/ -
Actividades de formación continua	509	30	S/ 865,598
Capacitaciones gratuitas a la comunidad en el manejo de 3D	868	65	S/ -
Proyectos académicos subvencionados a la comunidad	785	785	S/ 90,693

Elaboración propia

En cuanto al crecimiento de las actividades (Tabla 26), se puede visualizar que todas las presentan una reducción en el año 2018 por elementos externos. Si omitimos los resultados de dicho periodo, se puede visualizar que los cursos de formación continua y las capacitaciones gratuitas poseen un crecimiento constante. En ambos casos, el desenvolvimiento a través de los años ha sido incremental y estable, lo que implica un aumento en la demanda de dichas actividades de formación al público en general. Por otro lado, en el caso de los proyectos subvencionados, se denotan cambios bruscos e inconsistentes, que muestran que la necesidad por aplicar la tecnología no es estable y se ve afectada por los acontecimientos y contexto de la organización (Figura 17).

Tabla 26. Resumen de crecimiento de actividades académicas del 2016 al 2019

Descripción	2016	2017	2018	2019
Cursos de pregrado	1	2	1	1
Formación continua	2	7	6	15

Capacitaciones gratuitas	12	14	7	32
Proyectos subvencionados	532	120	18	115

Elaboración propia

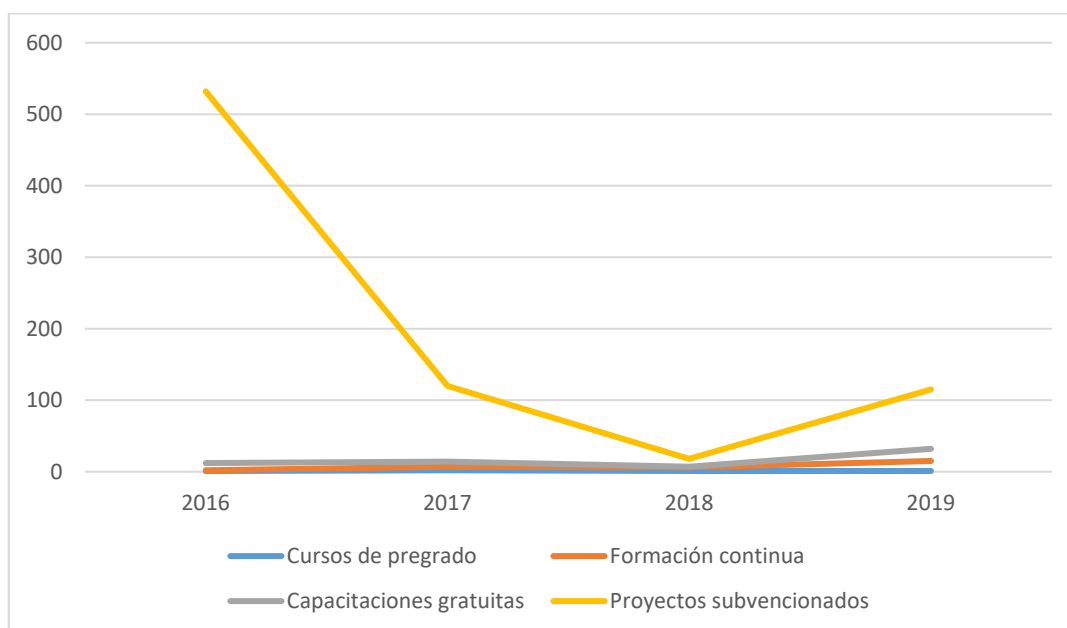


Figura 17. Crecimiento de actividades académicas del 2016 al 2019

Elaboración propia

En relación a las actividades de investigación, destaca una estabilidad en la cantidad de proyectos de tesis, publicaciones y conferencias. Por el contrario, la obtención de patentes ha disminuido en los últimos dos años, aunque no se están contabilizando los dos modelos de utilidad de ese periodo que se encuentran en trámite.

La actividad con mayor incremento ha sido el desarrollo de proyectos internos, el cual presento un desempeño favorable en el último periodo (Tabla 27). Por otro lado, aunque el número de proyectos con financiamiento externo se ha mantenido estable, es la única acción que posee un impacto económico en el área y genera vínculos estrechos entre la universidad, el Estado y la empresa, generando resultados en investigación e innovación (Figura 18).

Tabla 27. Resumen de actividades de investigación del 2016 al 2019

Descripción	2016	2017	2018	2019
Proyectos de tesis	5	3	3	6
Publicaciones	0	1	2	2
Conferencias internacionales	1	1	2	2
Proyectos propios	2	1	2	17

Patentes	1	1	0	0
Proyectos financiados	1	1	1	1

Elaboración propia

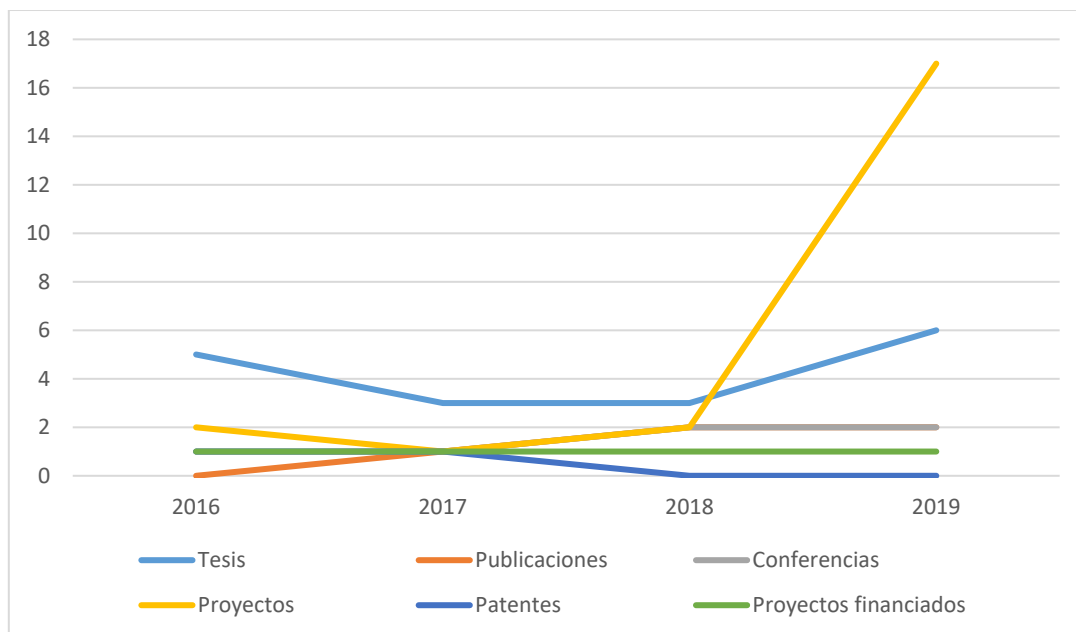


Figura 18. Crecimiento de actividades de investigación del 2016 al 2019

Elaboración propia

Como resultados en las actividades enfocadas a dar soporte tecnológico a la industria, se visualiza un crecimiento constante en el periodo del 2016 al 2018, a pesar del incremento, no hay estabilidad en los ingresos anuales y la tendencia se da a la disminución del número de servicios, por lo que se puede detectar una reducción del interés por parte de las empresas que utilizaron el servicio en alguno de los periodos y ningún aumento en cuanto a la demanda (Tabla 28).

Por otro lado, el desarrollo de asesorías especializadas no presenta crecimiento en el periodo estudiado, a pesar de que el servicio tiene como fin brindar la información y las herramientas necesarias para que las empresas adopten la tecnología de manufactura aditiva en sus procesos de producción (Figura 19).

Tabla 28. Resumen de actividades a la industria del 2016 al 2019

Descripción	2016	2017	2018	2019
Servicios	60	107	280	90
	S/ 112,716	S/ 260,053	S/ 109,050	S/ 107,843
Asesorias	2	0	0	1

Elaboración propia

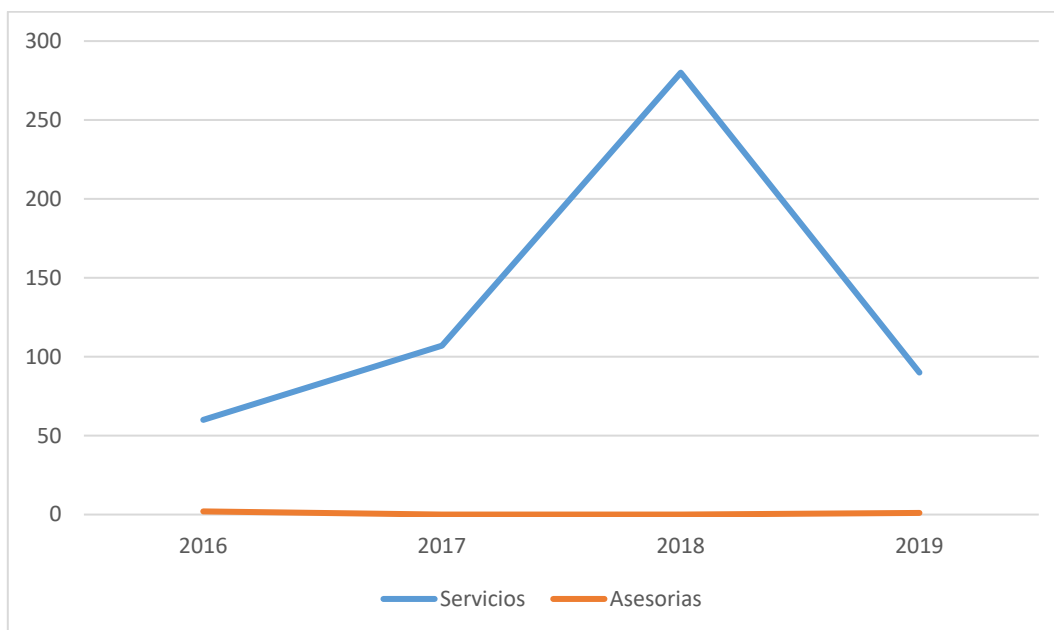


Figura 19. Crecimiento de actividades a la industria del 2016 al 2019

Elaboración propia

Se realiza el análisis de las actividades de difusión con el objetivo de identificar los factores externos que podrían impactar en los otros ejes de acción. En general se presenta un crecimiento en los años 2016 - 2017 - 2019 y un decrecimiento en el año 2018, dicha declinación se debe a una reducción del personal comercial. Por esa razón, se puede denotar una desaceleración en el crecimiento general del área, viéndose afectadas principalmente las acciones relacionadas a la venta de servicios al público general y a la industrial.

Por otro lado, se puede identificar que las labores con mayor incremento son los eventos y las publicaciones en redes sociales. En contrapartida, la actividad que presenta un decrecimiento es la participación en ferias tecnológicas, cuya razón es la alta inversión requerida y la ausencia del presupuesto (Tabla 29).

Tabla 29. Resumen de actividades de difusión

Descripción	2016	2017	2018	2019
Publicaciones en Facebook	29	186	124	134
Publicaciones en Instagram	0	32	42	167
Notas de prensa	13	19	8	19
Charlas	13	48	22	17

Ferias	2	2	1	0
Eventos	2	5	1	10

Elaboración propia

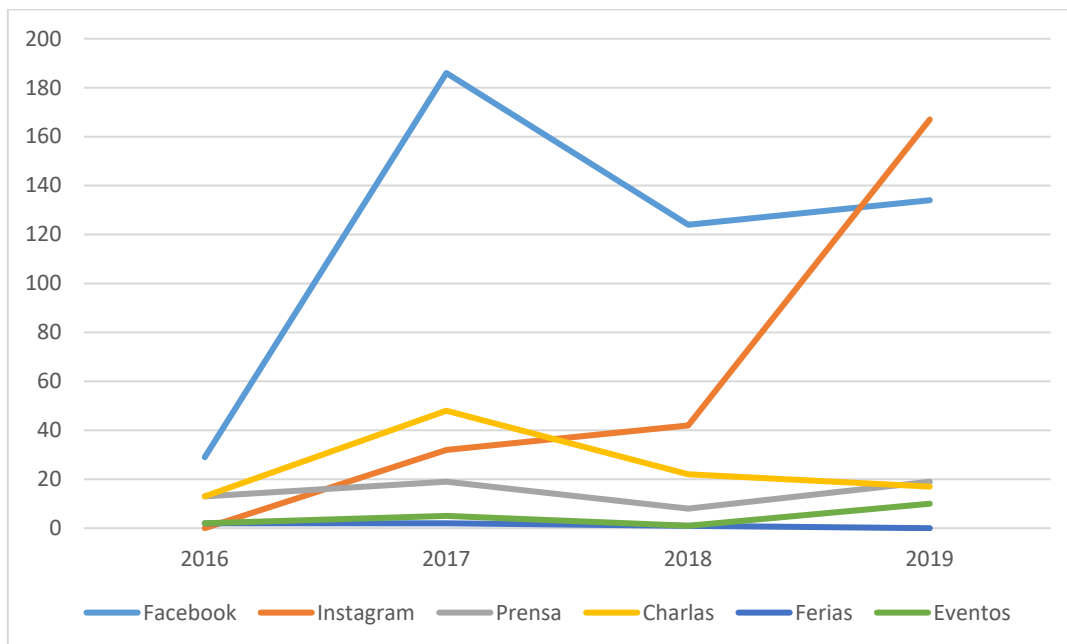


Figura 20. Crecimiento de actividades de difusión

Elaboración propia

En las cuatro líneas de acción se puede visualizar una tendencia general al alza, aunque algunas de las actividades se han visto afectadas por la falta de recurso económico y de personal encargado a difundir la tecnología a los usuarios externos a la institución estudiada.

Finalmente, se puede destacar el desempeño de las actividades de difusión de la tecnología, el cual ha sobrepasado las metas anuales por la alta demanda por información sobre dichos temas. En un segundo nivel, resalta las actividades académicas, lideradas por el desarrollo de cursos, talleres y diplomaturas que se brindan al público en general. En tercer lugar, se presentan las actividades de investigación, las cuales han crecido de manera gradual en el periodo estudiado. Concluyendo con las actividades enfocadas al soporte tecnológico a la industria, el cual muestra un decrecimiento notable en el número de acciones, destacando que el mercado industrial no ha respondido como se proyectaba en relación a la aplicación y adopción de la manufactura aditiva.

5. CAPÍTULO V. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE ENTREVISTAS A EXPERTOS

En base a las líneas de acción analizadas en el caso de estudio y con el fin de identificar la percepción de los usuarios sobre las potencialidades y obstáculos de la aplicación de la manufactura aditiva, se realizaron nueve entrevistas divididas en tres grupos: académicos, investigadores y empresarios.

5.1. RESULTADOS DE ENTREVISTAS A ACADÉMICOS

Académico 1

El primer docente entrevistado además de poseer más de 10 años de experiencia con la tecnología, está a cargo de un laboratorio de fabricación digital de la Red Fab Lab desde el 2015. Este laboratorio cuenta con diversas tecnologías de manufactura como router CNC, cortadora láser, impresora 3D, escáneres 3D, cortadora de vinil, cortadora plasma, entre otros, y apoya las actividades académicas de diferentes facultades de la universidad. Dicho laboratorio participa en dos asignaturas de manera activa, el primero de la especialidad de ingeniería industrial donde se enseñan conceptos de diseño con software CAD, simulación, Software CAM, manejo de los equipos de fabricación digital, a través del desarrollo de un proyecto que tenga una necesidad real y que posea el potencial de ser utilizado en el mercado. El segundo curso se dicta en la facultad de arquitectura y como principal objetivo es enseñar el uso de las diversas tecnologías del centro a través de un ejercicio práctico. Además, también se da soporte a dos círculos de estudio de las mismas especialidades.

En cuanto a la tecnología aditiva, el laboratorio cuenta con los sistemas FDM, Polyjet y SLA. La aplicación que se le da a la tecnología es para fabricar prototipos formales y funcionales para validar los atributos de las propuestas académicas. Para el académico, la importancia de ésta recae en la posibilidad del alumno por el error, la experimentación y la capacidad de tangibilizar una idea en un producto físico. Menciona que sin esta tecnología no se podría mostrar todo el proceso de desarrollo de un producto a través de la experiencia, sólo se llegaría al manejo del software de diseño.

En lo que respecta a los obstáculos, considera que la manufactura aditiva no posee riesgos altos ya que la oferta de equipos de diferentes precios es variada, la

decisión por un equipo dependerá del usuario, su necesidad y presupuesto. Por ende, tampoco considera que el tema económico sea por financiamiento propio o externo sea una traba actual.

Uno de los aspectos considerados limitantes para la adopción de la tecnología es el personal, a pesar de que cada vez es más sencillo identificar a personal capacitado y conocimientos en estas tecnologías, todavía es complejo reconocer un perfil docente con la apertura para incorporar estas competencias. Además, el docente acentúa la función integradora de la tecnología, siendo el enlace donde convergen diferentes especialidades como diseño, electrónica, mecánica, entre otros, por lo que el especialista a cargo debe tener la capacidad de vincularlas. Por otro lado, se considera que la información se encuentra disponible y es accesible, sin embargo, la dificultad recae en la capacidad de discernir entre ella para tomar decisiones correctas como en el caso de la adquisición de un sistema definido.

En relación a la organización, el profesional identificó una dificultad por introducir la tecnología en su institución que duró varios años, causada por la percepción de las autoridades de la universidad que no consideraban el potencial total de la tecnología.

Aunque considera que actualmente la demanda no es tan grande, considera que esta situación cambiará con los años.

Por otro lado, las oportunidades identificadas se enfocan en el potencial que puede ser explotada por cada persona, con mayor posibilidad si se posee el conocimiento sobre esta y si se vincula con diseño y otras herramientas digitales.

A pesar de que no resaltan muchas oportunidades a nivel de demanda y mercado, ya que considera que no todas las impresoras 3D tienen dicho potencial, sí destaca que ésta ha atraído a una cantidad mayor de estudiantes.

La aplicación de esta tecnología en las asignaturas ha permitido mejorar la calidad de estas, los resultados académicos físicos poseen mejores características estéticas y provee la posibilidad de crear productos únicos e innovadores. No obstante, el mantenimiento del laboratorio es bastante alto, por lo que considera que a partir de esto se han elevado los costos laborales, energía, materiales y el mismo proceso de enseñanza.

En último lugar, se describió que la tendencia es que la tecnología crezca en dos campos, el primero en el desarrollo de tecnologías costosas, de alta calidad y capacidad de fabricar productos con buenas prestaciones mecánicas como en

metales. En segundo, el desarrollo de impresoras 3D de muy bajo costo, con menos atributos pero que permitan que cada persona tenga una máquina en su casa u oficina. Asimismo, considera que el sector académico y de investigación son los más prominentes para crecer en nuestro contexto.

Académico 2

El segundo docente entrevistado posee más de 8 años de experiencia profesional en el campo de la manufactura aditiva. Actualmente, está a cargo de dos asignaturas donde se desarrollan conceptos de impresión 3D como los diferentes sistemas que existen, aplicaciones, parámetros de fabricación y materiales, con énfasis en plásticos y metales. Para el dictado de esta temática se consideran 10 horas lectivas por cada asignatura y se utilizan materiales didácticos como diapositivas, videos y demostraciones prácticas en el laboratorio de fabricación digital de la universidad, la cual cuenta con el sistema FDM y Polyjet. En las sesiones prácticas se desarrollan pruebas funcionales de productos, mecanismos y productos finales que son utilizados en presentaciones parciales y finales. Además, se aplica la metodología DFAM (Design for additive manufacturing), el cual implica considerar previamente las restricciones y potencialidades técnicas de los sistemas de manufactura aditiva para iniciar el proceso de diseño.

En relación a los obstáculos identificados por el docente, se percibe como una traba el costo de la tecnología, aunque menciona que hay opciones económicas, una máquina con buenas prestaciones y que permita el desarrollo de productos de calidad, sugiere una inversión elevada en el equipamiento, mantenimiento y materiales. Por otro lado, el riesgo de la inversión también es considerable, por la incertidumbre de que los alumnos no lo apliquen en la medida que se busca y porque todavía no se proponen suficientes aplicaciones a nivel académico para aprovechar la tecnología.

Una brecha a destacar es la falta de conocimiento técnico y la deficiente información que circula a nivel masivo, que no presentan diversidad de opciones en el mercado, ventajas y potencialidades para que el usuario pueda aprovecharlos. Además, considera que todavía es incipiente la capacidad del mercado por ofrecer servicios y los proveedores locales no poseen precios competitivos.

El académico considera que la infraestructura es un punto a considerar, ya que los equipos industriales requieren ciertas consideraciones a nivel de espacio,

electricidad, temperatura, entre otros, que podría presentarse como una limitación para la adopción tecnológica.

Otro aspecto, se vincula con la protección de la propiedad intelectual, aunque valora el aporte de las comunidades open source de diseños digitales y el valor que ofrece a nivel educativo, reconoce las dificultades para asegurar el respeto a la propiedad intelectual ya que es una herramienta que facilita la réplica de productos.

En cuanto a las oportunidades, el gran valor de AM en el campo educativo recae en la eliminación de barreras para la creatividad, ya que admite la elaboración de formas y soluciones complejas, que con procesos antiguos no eran factibles. Además, a nivel técnico se mejora la calidad de las propuestas, flexibiliza y acelera el proceso de desarrollo, estos beneficios impactan directamente en el aumento en la cantidad de ejercicios que pueden desarrollar los alumnos y su complejidad. Sin embargo, no considera que los costos de diseño se reduzcan, aunque el consumo de material sí lo hace, los precios de los materiales y de los servicios en el mercado son más elevados que los procesos tradicionales.

Por otro lado, la aplicación de AM podría significar un aumento en la cantidad de alumnos interesados en las asignaturas a su cargo, además se puede incrementar el número de estas al integrarlas a otras relacionadas.

En el aspecto medio ambiental, el docente considera que la tecnología todavía está en proceso de ajuste ya que todavía hay muchos sistemas que utilizan materiales que no son reciclables y pueden ser nocivos para el ambiente.

Finalmente, considera que a futuro esta tecnología y otras de fabricación digital se convertirán en cotidianas, estarán en los hogares de las personas y éstas tendrán las capacidades para crear, adaptar y desarrollar propuestas de solución de múltiples problemas habituales. Además, comenta que a nivel local los sectores que crecerán serán la minería y metalurgia, y la medicina a nivel mundial.

Académico 3

El tercer académico entrevistado posee el cargo de coordinador de un laboratorio de fabricación digital en una universidad en Lima, posee experiencia tanto en la gestión como en la docencia de asignaturas que desarrollan temas de fabricación digital. Tiene a cargo 2 cursos de pregrado y 1 extra curricular, en estos se desarrollan temas relacionados al diseño de productos, procesos de manufactura, desarrollo de prototipos con diferentes máquinas de fabricación digital y desarrollo

de proyectos. Además, en el curso extra curricular se dictan clases vinculadas al uso del software CAD como complemento. Menciona que requiere 3 horas para enseñar el conocimiento básico de la tecnología y más de 6 horas para dominar la materia. En dichas asignaturas se plantean metodologías como Design Thinking y Scrum para orientar el proceso de diseño de productos, sin embargo, el académico menciona que a pesar de utilizar métodos que incentiven la generación de innovaciones, los resultados solo alcanzan el nivel de prototipos y en muy pocos casos la elaboración de modelos de negocio de manera teórica.

Por otro lado, nos comenta que en el laboratorio poseen 3 sistemas de impresión 3D y diversos quipos de alta y baja gama. Además, resalta que en el transcurso de los años han optado por la adquisición de máquinas más económicas, de código abierto y versatilidad en el uso de los materiales, esto se debe a que los equipos de alta gama han pasado a ser obsoletos por los altos gastos en mantenimiento. En cuanto a las aplicaciones, afirma que la actividad con mayor relevancia es el soporte a proyectos de investigación, académicos y de donación, comenta que los servicios a las empresas no es una actividad incentivada por la misma institución.

En relación a los beneficios generales del uso de la manufactura aditiva destaca que permite iterar relativamente rápido en el proceso de diseño de productos, comparado con otro proceso tradicional. Además, por los bajos costos y flexibilidad, esta tecnología posibilita la generación de prototipos antes de la manufactura. Finalmente, es posible generar productos finales con dichos sistemas, aunque es una aplicación poco utilizada por su laboratorio.

Preciso a los obstáculos, el académico percibe diversas trabas. A nivel económico, destaca que los riesgos de adquisición son altos, ya que este depende de cómo se inserta en el proceso académico y requiere un plan estratégico institucional. También considera que los costos son elevados y la inversión para cubrir todo el gasto de implementación es prohibitiva. Además, en el financiamiento se encuentra una falta de fondos propios y externos para este tipo de implementaciones.

A nivel de conocimiento, destaca que el potencial de innovación es insuficiente, afirma que esta tecnología posee más de 30 años en el mercado y ha sido encasillada en un rol, en los años transcurridos no se ha integrado en los procesos de manufactura avanzada y no se asocia a los procesos de creación. En cambio, comenta que hay personal calificado en el manejo de dichas máquinas, aunque no están certificados. También resalta que existe una falta de información o circula

información errada sobre la tecnología, y que al ser una tecnología emergente y no contar con certezas sobre el impacto, las decisiones de inversión no son ágiles.

Vinculado a los obstáculos provenientes de las instituciones, rescata que la infraestructura no se presenta como impedimento. Asimismo, la debilidad de la propiedad intelectual ya que hay medidas legales que se pueden adoptar.

En cuanto a las oportunidades detectadas, el académico comenta que estas tecnologías no generan un aumento en la gama de asignaturas, pero sí en la cuota de alumnos. Aunque el uso de la tecnología puede potenciar las asignaturas y mejorar tanto la flexibilidad como el tiempo de la producción, no necesariamente mejoran la calidad de los productos académicos. Sin embargo, considera que mejora la comunicación e interacción entre el docente y los alumnos, mejorando el entendimiento.

También cree que permite el desarrollo de productos respetuoso con el medio ambiente debido al concepto de manufactura bajo demanda que impacta en una reducción del consumo de materiales y energía, y el uso de plásticos reciclados.

Relacionado a los costos laborales, no considera que impacte directamente en este.

Por último, reconocen dos tendencias que marcarán el futuro de la tecnología. La primera es la masificación de los equipos, donde sistemas como FDM, SLS y SLA se están volviendo sistemas comunes y accesibles. Y la segunda, se relaciona con las tecnologías avanzadas, estas se integrarán en cadenas de producción e incluso se transformarán en otro tipo de tecnologías integradas que permitirán la fabricación de cualquier objeto con un solo equipo. Finalmente destaca que los sectores que crecerán a futuro serán los que integren de mejor manera la tecnología en sus procesos.

5.2. RESULTADOS DE ENTREVISTA A INVESTIGADORES

Investigador 1

El primer investigador entrevistado posee experiencia en el campo académico y de investigación de más de 15 años, enfocado en el área de ingeniería de materiales y con 4 años desarrollando investigaciones aplicando la tecnología de manufactura aditiva.

A nivel de la situación de la I+D+i en el campo de la investigación, se percibe un conocimiento general por conceptos de innovación y una apreciación positiva hacia los impactos que se pueden obtener, siendo así que al plantear las investigaciones se proyecta el potencial innovador que posee a futuro, sin embargo, no es prioridad identificar una aplicación comercial a corto plazo, lo cual se ve reflejado es una ausencia de metodologías de innovación en el proceso.

En cuanto a la situación de la manufactura aditiva, el estado es favorable, tanto la institución como el mismo grupo de investigación que comparte, disponen de máquinas de impresión 3D. Estos equipos los utilizan principalmente para el desarrollo de probetas de ensayos para examinar diversos materiales compuestos, recubiertos o reforzados. A pesar del uso regular de los equipos, no se cuenta con una metodología o procedimiento del manejo, es así que en las situaciones donde se presentan errores se resuelve a través de pruebas en base de supuestos.

En relación a los obstáculos, el investigador recalca el interés por continuar las investigaciones en el campo de la impresión metálica y como principal barrera para desarrollarlo es el factor económico, que implica una ausencia interna de presupuesto para la adquisición que proviene de una estrategia organizacional actual que no supone la inversión en la tecnología AM y una limitación en cuanto a los montos financiados por el Estado, los cuales no son suficientes para considerar la compra del equipo. Por otro lado, considera que existe personal con las capacidades suficientes para controlar el equipamiento y accesibilidad general de información.

En el caso de las oportunidades, no se han detectado coincidencias relacionadas a la innovación, esto se da principalmente ya que los ejes de las investigaciones no tienen como finalidad el desarrollo de innovación, sino la validación de la tecnología aditiva y sus materiales en comparación a las tradicionales. A pesar de ello, la aplicación de AM en ese campo se considera como una oportunidad en sí misma con diversos beneficios, ya que la novedad de la tecnología permite una amplitud de temas nuevos a investigar y la posibilidad de generar nuevo conocimiento que será publicado a nivel científico. Así como la accesibilidad económica en cuanto a maquinaria de escritorio, la oferta de materiales económicos con diversos compuestos, facilidad de fabricación por parte de los investigadores, la posibilidad de variar parámetros de diseño y morfología de los objetos a investigar, entre otros.

Investigador 2

El segundo investigador entrevistado ha desarrollado proyectos vinculados a temas de fabricación digital y manufactura aditiva por más de 10 años, sus estudios han tenido como enfoque la proyección a futuro de la educación y la industria en el país, además posee una visión de inclusiva que busca democratizar la tecnología y en los últimos años una búsqueda por integrar tecnología con biodiversidad.

Las investigaciones y proyectos realizados han tenido un estrecho vínculo con la innovación y el desarrollo de metodologías para la creación de soluciones. Entre las metodologías generadas se destacan las siguientes:

- Simbiocreación, la cual consiste en la generación de soluciones a través de intercambio de ideas de innumerables personas sin importar la locación.
- IMI (Índice de Manufactura Industrial), permite identificar la brecha tecnológica de las empresas hacia la industria 4.0.
- MPI (Maximum Posible Impact), busca generar el mayor impacto posible a partir de una solución ya existente.

Por otro lado, la aplicación de la tecnología AM es considerada como una herramienta que permite materializar ideas, desarrollar prototipos de productos y servicios, donde el valor recae en la posibilidad de desarrollar soluciones propias, que acompañadas de una metodología posibilitan la creación de productos, servicios, sistemas y máquinas con un componente de innovación.

El investigador comenta que al pertenecer a la red mundial Fab Lab, la disposición de equipamiento abarca más máquinas que las que posee en el local físico donde labora, es así que los proyectos desarrollados han considerado la colaboración de investigadores con especialidades diferentes y el acceso al equipamiento de laboratorios en todas partes del mundo. Así mismo, el impacto de los desarrollos tiene una mirada global, aplicable no sólo al contexto local.

En cuanto al uso de la tecnología 3D en las investigación, el porcentaje de utilización depende de la etapa de desarrollo, considera que hay tres etapas: sensibilización, donde las personas conocen la tecnología cuyo uso corresponde al 10%; el aprendizaje, donde se da a conocer los fundamentos teóricos y prácticas, donde la aplicación se eleva al 50% y finalmente el desarrollo, donde los usuarios no solo usan la tecnología sino que desarrollan nuevas soluciones con ella, ésta implica un 100% de utilización.

En relación a los obstáculos detectados, identifica algunas dificultades tácitas de la tecnología, entre ellas, la velocidad de fabricación que por el momento es prolongado comparándolo con otros procesos de manufactura industrial, el tamaño de la pieza a fabricar se limita por el área de construcción de la impresora 3D, la construcción de piezas en multilaterales, el uso de biomateriales y en el caso de las impresoras 3D de metal el complejo control de la temperatura que encarece el precio de la maquinaria. A nivel de costos, aunque se ha abaratado la oferta de equipos en general, estas aún no han llegado al precio mínimo posible. Además, frecuentemente los equipos accesibles son de escritorio y se utilizan con fines académicos o recreativos, los equipos industriales todavía se presentan en el mercado con un precio elevado. Por otro lado, se identifica un crecimiento lento en cuanto a las posibilidades de financiamiento interno y externo, donde el contexto local no se ha comprometido con la fabricación digital. A nivel de conocimiento, comenta que es posible contactar profesionales que puedan utilizar la tecnología, sin embargo, es difícil identificar personal que pueda desarrollar tecnología o productos de valor con ella. En cuanto al conocimiento, la percepción es que hay poca difusión de la información, así como datos sobre el mercado. En cuanto a la organización, considera que las instituciones educativas son los pioneros en la adopción de dicha tecnología, siendo las universidades las pioneras seguidas por los colegios. No obstante, las empresas poseen dudas sobre la inversión en la tecnología por el alto riesgo que posee. Otro punto resaltante fue la adversidad en cuanto a la protección de la propiedad intelectual, al ser una tecnología que permite la duplicidad y copia de productos de manera ágil, se dificulta la protección de la misma.

Por el lado de las oportunidades, se destacan inmutables potencialidades de la tecnología, entre ellas se encuentran beneficios aplicados a tareas técnicas como la facilidad de materializar ideas y de creación de nuevos productos; la aceleración en el desarrollo de prototipos; la reducción de costos y tiempos en el proceso de diseño; la mejora de tiempos en el proceso productivo; la potencialidad de generar nueva tecnología, la posibilidad de experimentar con otros materiales y la mejora de la comunicación entre áreas, usuarios y clientes, todo ello con miras a transformar la industria a una interconectada con elementos digitales. Además, esta tecnología impacta positivamente en el medio ambiente, considerando que la fabricación se descentraliza lo que reduce el transporte de productos, el empaque se elimina y al ser una tecnología aditiva, la merma se reduce considerablemente.

En cuanto a la prospectiva, el investigador enfatiza la evolución de la tecnología por el desarrollo biológico, no sólo a través de la adicción de biomateriales con procesos de impresión tradicional, sino también la creación de máquinas con procesos distintos donde se pueda incorporar multimateriales, nanotecnología, estructuras que reacciones a las características del ambiente y que no estén restringidos por el área de construcción de los equipos.

Finalmente, se considera que las áreas que tendrán mayor crecimiento son el desarrollo de materiales poliméricos, especialmente biopolímeros, la gastronomía, la construcción y arquitectura, la artesanía, cerámica, moda y textil.

Investigador 3

El tercer investigador se centra en el estudio de la aplicación de las tecnologías de fabricación digital y el diseño computacional a nivel social y cultural, con énfasis en la generación teórica descriptiva analítica. Posee más de 14 años trabajando con estas tecnologías, siendo uno de los pioneros en la introducción de estas tecnologías en el país, es así que participó en el 2006 en el proyecto del Massachusetts Institute of Technology (MIT) que buscó implementar el primer laboratorio de fabricación digital en Latinoamérica.

En cuanto a los temas de investigación, el entrevistado incluye un análisis del impacto de la tecnología a través de la sinergia entre el gobierno, empresas y academia. A pesar de que estas tecnologías permiten materializar fácilmente nuevas propuestas de productos y servicios, muchos de los proyectos no son sostenibles y no superan la etapa del prototipado. Menciona que la innovación se gestiona como una consecuencia de los procesos, no es un punto de partida de los proyectos. Además, confirma que no se cuenta con la participación activa de actores del sistema como incubadoras, empresas, entre otros

En relación a los obstáculos, el entrevistado identifica un avance paulatino en el país. Comparado con la evolución de la tecnología en América del norte con el sur, se destaca que en el norte se cuenta con una exigencia por el sector empresarial por desarrollar ágilmente tecnologías emergentes y se busca la sinergia entre la academia y la industria. En el caso de los países de Latinoamérica, experimenta un accionar diferente, donde el sector que incentiva el desarrollo tecnológico y de innovación es el académico, principalmente instituciones educativas superiores, el cual está alejado a cubrir las necesidades del sector industrial, sino que busca suplir una meta relacionada a la investigación.

Referido a los obstáculos económicos, se considera que existe un riesgo alto que no se quiere asumir, existe temor por parte de las instituciones de que la implementación de dichas tecnologías no se integre correctamente o que no cumplan las expectativas, es así que se busca casos de éxito previos para superar la incertidumbre.

A pesar de que existen muchas opciones accesibles económicamente, también hay equipos en temas especializados que requieren una inversión inicial elevada, como es el caso de la bio impresión, impresoras 3D de metal, de materiales mixtos, así como los gastos que implican los mantenimientos y reparaciones, especialmente en el sector estatal.

A nivel del financiamiento, considera que a nivel propio existen limitaciones financieras, sin embargo, a nivel externo no se identifica un obstáculo relacionado, ya que hay entidades gubernamentales que financian proyectos que permiten adquirir este tipo de tecnologías.

Vinculado al conocimiento, el investigador recalca que hay personal capacitado y especializado en manufactura aditiva pero la cantidad es poca. Por otro lado, confirma que la información es accesible y fácil de encontrar, aunque no hay mucha seguridad para entablar una relación de confianza con los proveedores.

Las organizaciones presentan una estructura rígida que obstaculiza la introducción de dichas tecnologías a causa del miedo del personal por el cambio, el desconocimiento y el temor a afectar su situación laboral. Además, la falta de infraestructura también se presenta como una traba, donde se deben adoptar consideraciones de seguridad, ambientales, eléctricas, entre otros.

Por el lado de la demanda, comenta que el mercado es amplio y transversal a muchas áreas, existen revistas especializadas que desarrollan esta temática en distintos campos como medicina, finanzas, diseño, entre otros.

Vinculado a las oportunidades, el investigador afirma que, si la tecnología no se vincula con las necesidades de la industria, no hay oportunidades, todos los ministerios deberían generar actividades de innovación dentro de sus áreas y la contraparte es la universidad.

Por otro lado, comenta que dicha tecnología podría impactar positivamente en el aumento de la gama de investigaciones ya que esta puede generar una línea de investigación matricial, compuesta por diferentes especialidades.

En el contexto medio ambiental, considera que estos sistemas están incluidos en las políticas y tendencias mundiales que exigen una industria responsable y sostenible ambientalmente.

En relación a los beneficios de la producción, se destaca la mejora de la calidad de la producción investigativa, así como el costo de la fabricación.

Además, podría mejorar la comunicación y la interacción entre distintas áreas de investigación si es que la política institucional es consecuente a esto, dependerá del modelo de cómo trabaja la institución para permitir la colaboración y el aprovechamiento del potencial del conjunto.

En cuanto a la percepción por la proyección a futuro, el investigador comenta que la tendencia es a que se solucionen problemas reales, no teóricos. Menciona que actualmente se hacen ensayos para entender procesos que a futuro se van a utilizar, sin embargo, a futuro se buscará un vínculo más estrecho con la industria y sus necesidades.

Finalmente, reafirma que son los sectores imprescindibles y que siempre existirán, los que van a crecer en el futuro, áreas como alimentos, salud y educación.

5.3. RESULTADOS DE ENTREVISTA A EMPRESARIOS

Empresario 1

El primer empresario entrevistado es el gerente general de una empresa mediana del sector del conformado de plástico, dicha empresa posee 20 años en el rubro y como principal proceso de fabricación es la inyección de plástico para el desarrollo de productos para la toma de muestras de laboratorio.

La empresa cuenta con un área dedicada a I+D+i compuesta por 4 personas, además invierten aproximadamente 40 mil soles anuales y las actividades que se realizan son la vigilancia tecnológica, la inteligencia comercial y el desarrollo de nuevos productos en base a las necesidades de los clientes a través de la metodología Design Thinking.

En cuanto a la situación de la manufactura aditiva en la empresa, actualmente no cuentan con equipos dentro de la institución, sin embargo, tercerizan los servicios de impresión 3D desde hace 3 años. Utiliza la tecnología para la fabricación de prototipos de nuevos productos con el sistema Polyjet, esto le permite obtener diversos beneficios como: el ahorro de costos y tiempos en la fabricación de

prototipos, ya que al fabricarlos con 3D se evita la manufactura de moldes en metal; versatilidad en el diseño, esto implica que se incrementa la facilidad y factibilidad para aumentar las iteraciones en el proceso de creación, desarrollo de pruebas conceptuales y funcionales; materiales plásticos en el prototipo, estos al ser de un material similar al producto final representan fidedignamente al objeto, a diferencia de procesos tradicionales; calidad de los prototipos; e imagen de la empresa, al hacer uso de tecnologías modernas, la percepción que se tienen de la empresa por parte de sus cliente mejora y permite diferenciarse de la competencia.

En relación a los obstáculos detectados, el empresario destaca que el costo del servicio del proveedor con el que trabaja es alto, pero de buena calidad, a pesar de que en el mercado existe oferta más económica, la maquinaria que poseen tiene limitaciones técnicas que se ven reflejadas en las características mecánicas y estéticas del producto. En el caso de la posibilidad de adopción de la tecnología, no considera que la inversión sea un impedimento ya que existen opciones accesibles, ni tampoco están limitados por el espacio físico ya que estos equipos económicos son compactos. Así mismo, no considera que los fondos propios o externos sean una limitación.

A nivel de conocimiento, considera que reclutar personal capacitado no representa una dificultad, sin embargo, destaca que hay insuficiente difusión de la información, especialmente enfocada a micro y pequeñas empresas, las cuales no cuentan con el hábito de indagar sobre innovación o mejoras tecnológicas.

Por otro lado, el empresario al ser el gerente general de la empresa, no considera que exista una estructura rígida que no permita introducir la tecnología, no obstante, si contempla una resistencia al cambio por parte de un porcentaje de los empleados.

En cuanto al mercado, a pesar de que existe una alta demanda por productos nuevos en el sector, no se cuenta con la necesidad por un número elevado de prototipos que exija la adquisición de equipos. Además, enfatiza que el mercado está dominado por productos importados, donde el 90% de los productos ofertados en el mercado son de procedencia extranjera, sólo el 10% se manufactura de manera local.

Finalmente, resalta como obstáculo la debilidad en la protección de los derechos de propiedad intelectual. La empresa ha pasado por varias experiencias de plagio y filtración de información, es por eso que al presente el área de innovación se desarrolla de manera cerrada y con poco personal. A pesar de ello, el empresario

ha visto que con los años este sistema ha mejorado, el cual reacciona antes las denuncias de incumplimientos de patentes.

En referencia a las oportunidades, son diversas las potencialidades detectadas en el desarrollo de prototipos, estos comprenden oportunidades a nivel de mercado como el aumento de la gama de productos a través del diseño, la conservación de la cuota del mercado, la visibilidad y la introducción en nuevos mercados como el automotriz y minería.

Además, se identifican posibilidades relacionadas al producto y la fabricación, entre ellas destaca la mejora en la calidad de los productos, la flexibilidad en la producción a través de la fabricación de productos de bajo tiraje o personalizados, la reducción de tiempo y costos ya sea en las etapas del proceso de desarrollo de un producto o a través de la optimización del diseño para reducir el consumo de material y energía.

También se ve una mejora a nivel comunicacional, donde la interacción con las diferentes áreas de la empresa como diseño, innovación y manufactura se hace más efectiva y el contacto con el cliente se fortalece ya que se facilita el entendimiento de la propuesta de diseño y la apariencia del producto final.

En líneas generales, el empresario describe que la tendencia de la tecnología aditiva se enfoca en el desarrollo de dispositivos y objetos que suplanten partes del cuerpo, como es el caso del desarrollo de prótesis o implantes. Además, intuye un crecimiento en las aplicaciones en el sector industrial, que iría acompañado del desarrollo de materiales de ingeniería. Además, entre los sectores que visualiza con mayor desarrollo a futuro se encuentra la medicina y la arquitectura.

Empresario 2

El segundo empresario es el gerente general de una micro empresa del sector del plástico, especializado en el proceso de conformado de plástico a través de la tecnología de termoformado para el desarrollo de empaques, envases y matrices. Posee más de 25 años de experiencia en el sector del plástico y 19 años como gerente de la empresa actual.

Las actividades de innovación dentro de la empresa las desarrolla él mismo y las tareas que ha realizado en los últimos años han sido la mejora de procesos y mejora de productos, considerando una inversión anual de 6000 soles. Para la ejecución aplica un procedimiento de diseño que incluye la identificación de requerimientos, propuestas de diseño, fabricación de prototipos, fabricación de

moldes y manufactura del producto final; sin embargo, no posee una metodología de innovación definida.

En el interior de la empresa no posee máquinas de manufactura aditiva, a pesar de que considera que en la actualidad es posible adquirir un equipo económico, éste no necesariamente tiene las prestaciones técnicas que requiere, es así que al tercerizar los servicios con la tecnología Polyjet en una institución grande tiene acceso a un equipo preciso y con estándares altos de calidad. Además, evita la necesidad de contratar personal para el manejo de la máquina. La tecnología lo utiliza principalmente para la fabricación de matrices que además sirven como prototipo y muestra para el cliente.

Uno de los beneficios más destacados, es el respaldo que posee la empresa al tercerizar el servicio con dicha institución, aprovecha el prestigio de ésta para consolidar los negocios con sus clientes, es por eso que el trato se efectúa entre el proveedor y el cliente. Además, al ser una de las pocas microempresas que utiliza la tecnología también mejora su imagen y se diferencia frente a los competidores.

Vinculado a los obstáculos, no considera que los equipos tengan un precio inaccesible pero la empresa no posee fondos propios para efectuar una compra de este tipo. A nivel de financiamiento externo, no se ha contemplado ninguno por las obligaciones con el Estado que esto significa.

En cuanto al conocimiento, está totalmente seguro del potencial que tiene la tecnología en temas de innovación y diseño, sin embargo, la dificultad prevalece en la inversión que debe hacer el cliente para acceder al servicio de prototipado. A nivel del personal, considera que existe una dificultad moderada por identificar a personal capacitado en el uso de dichas tecnologías, no obstante, encontrar a un recurso humano que conozca la tecnología 3D y los parámetros técnicos para el proceso de termoformado lo encuentra muy complicado. Al ser una microempresa y él quien la lidera, no considera una traba la adopción de la tecnología por parte de sus empleados en los procesos de su empresa.

Uno de los principales obstáculos identificados son los relacionados a la difusión de la tecnología y del mercado, el empresario considera que hay mucha reticencia y desconocimiento por parte del sector.

En el caso del mercado, considera que este está dominado principalmente por las grandes empresas que cuentan con el proceso interno de laminado de plástico. Éstas acaparan el mercado mayorista de la venta de descartables y cuentan con la

capacidad adquisitiva para realizar actividades de innovación. Por otro lado, las medianas empresas atienden producciones medianas, entre 10 mil y 50 mil productos. Siendo las micro y pequeñas empresas que satisfacen la necesidad de menos de 10 mil productos o servicios personalizados.

En el tema institucional, encuentra una dificultad por el espacio y los problemas de confidencialidad, esto se debe principalmente porque el diseño se trabaja a través de planos digitales y los clientes exigen garantías contra posibles plagios.

En cuanto a las oportunidades detectadas, se identifican múltiples factores que impactan positivamente en la empresa, entre ellas el ahorro de tiempos y dinero en procesos de diseño y manufactura, que abre nuevas oportunidades en el mercado para desarrollar nuevos o mejorados productos y permite satisfacer la necesidad de personalización de los clientes. En el caso de la fabricación, el uso de la tecnología aditiva ha acelerado de gran manera el post proceso de matrices ya que estos después de ser mecanizados se desgastan por la parte interior y se perforan, cuando se compara la aplicaciones de una matriz en aluminio contra una impresa en 3D en resina, se visualiza una reducción del proceso general del 75% en el tiempo y hasta 4 veces más económico, esto se debe a que la matriz impresa desgasta menos las herramientas de desgaste, acelera el proceso de perforación y además, reduce el esfuerzo por parte del personal técnico. Esto no solo impacta en la reducción de tiempos en el proceso que conlleva a una mejora en los plazos de entrega de los servicios, sino también a una reducción en el consumo energético.

Por otro lado, el uso de la tecnología también implica la mejora de la calidad de los productos, permitiendo el desarrollo de matrices precisas y la facilidad de modificar parámetros que requieren las normas técnicas del sector a través del complemento de las herramientas de diseño con software CAD.

Finalmente, el empresario destaca que la tendencia a futuro en su sector es el reemplazo de las tecnologías artesanales y la manufactura CNC en metales por la adopción de la impresión 3D. Además, considera que los sectores que van a crecer en el futuro serán la biomecánica y la arquitectura.

Empresario 3

El tercer entrevistado, es gerente general de una empresa que se dedica a la comercialización y distribución de equipos vinculados a la industria plástica y

fabricación digital para el sector industrial y educativo. La empresa cuenta con 5 años en el mercado y está compuesta por seis trabajadores.

A pesar de no contar con un área dedicada a la innovación, el empresario destaca que se realizan actividades vinculadas como la búsqueda constante de nuevos equipos y tecnologías para ser implementadas en el sector, lo que implica una investigación, análisis, selección, adquisición y experimentación con los equipos de demostración, con el fin de validar la aplicación. Los gastos implicados en estas tareas recaen en la planilla que se dedica a desarrollarlas, la cual equivale a una persona del área técnica.

La empresa ofrece una gama amplia de impresoras del sistema FDM y SLA, de distintas marcas y más de 25 modelos de máquinas. El entrevistado considera que el potencial de la tecnología recae en la posibilidad de materializar un modelo digital permitiendo la reducción de tiempos e incrementando la calidad de los productos por la precisión del proceso, en comparación con maneras tradicionales o artesanales. Además, identifica diversas aplicaciones de los sistemas que su empresa comercializa, como el desarrollo de prototipos, maquetas, productos de testeo y en menor medida herramientas como utillajes, dispositivos de control de calidad y matrices para procesos de función.

Referente a los obstáculos detectados por el empresario, resalta la brecha tecnológica de la industria peruana actual, especialmente en temas relacionados a la digitalización y al uso de software CAD/CAM, paso imprescindible para poder manufacturar piezas con impresión 3D. No detecta obstáculos relacionados a los costos, ya que la inversión económica es variable y depende de la gama de impresora que el cliente elija. Además, comenta que las empresas que han adquirido maquinaria lo hicieron a través de financiamiento propio y a nivel educativo, la mayoría de instituciones han implementado laboratorios de fabricación digital a por medio de financiamiento externo.

La situación del potencial de la tecnología para generar innovación, comenta que muchos usuarios no conocen la amplitud de las aplicaciones de la misma y que solo la perciben como herramienta de prototipado rápido, esto puede ser a causa de la falta de información general de la tecnología y la insuficiente formación a temprana edad, que a diferencia de otros países donde la adopción de la manufactura aditiva es mayor, se enseñan metodologías STEAM y el uso de tecnologías digitales a nivel escolar.

Alienado al conocimiento, considera que falta personal calificado para el uso de esta tecnología, el personal técnico dentro de las empresas no posee las capacidades para manejar el software de diseño, el manejo de los equipos y no conocen los fundamentos previos para comprender el funcionamiento de dichas tecnologías. Así como, existe una falta de información sobre la tecnología, los alcances y las aplicaciones completas.

También considera que a pesar de existir empresas y universidades que brindan servicios tecnológicos, sigue siendo pequeño el mercado.

Por otro lado, considera que la rigidez organizacional en las empresas locales puede presentarse como un obstáculo, comenta que los decisores de compra actúan de manera más cautelosa al ser una tecnología nueva o poco conocida. Sin embargo, las empresas que forman parte de organizaciones multinacionales se ven incentivadas por sus pares en el extranjero por implementar dichas tecnologías.

En efecto a la demanda, el empresario aclara no haber demanda por este tipo de desarrollos, ya que la industria está enfocada en la comercialización de productos importados, mas no por la generación de nuevas soluciones. Aunque el mercado no está dominado por empresas establecidas, considera que el mercado no exige dichos cambios.

Destinado a la infraestructura, considera que la limitación recae en la implementación de elementos básicos e indispensables para el uso de manufactura aditiva, como en el caso de contar con una computadora con el software de diseño requerido.

A nivel de oportunidades, considera que la tecnología posee mucho potencial para ser integrado en negocios de distintos giros, dependerá de la proyección de cada empresa. Donde las empresas jóvenes, incluso de tamaño pequeñas, tienden a implementar de manera más ágil nuevas tecnologías. Considera que al aplicar esta tecnología impacta positivamente en el aumento de gama de bienes o productos, permite el aumento de la cuota del mercado y facilita la introducción de nuevos mercados. A nivel técnico, agiliza el proceso de diseño y manufactura, otorga las herramientas para flexibilizar este proceso y mejora la comunicación entre las áreas de la misma organización.

Relacionado a los costos de producción, considera que no necesariamente impacta en la reducción de los costos a nivel laboral, ya que, al no contar con

oferta de profesionales capacitados, esto implica un gasto adicional en contratación. Tampoco considera que no existe una relación directa en la reducción de materiales o energía. Sin embargo, resalta la reducción relacionada a los costos de diseño al hacerlo más eficaz.

Además, las normas técnicas, no considera que esto impacte directamente ya que esto se relaciona de mayor manera con la cultura de la empresa y el manejo del negocio en el contexto. Tampoco considera que esta tecnología genera una mayor transferencia entre las empresas, por el recelo que existe en la industria en general.

Finalmente, considera que la tendencia es la masificación de la tecnología donde las personas, sean empresarios, estudiantes o aficionados utilizarán la tecnología de manera más directa, esto se proyecta a largo plazo mientras se siga capacitando a las personas desde el colegio, universidad e institutos con el objetivo que las brechas de conocimientos se reduzcan. Además, considera que los sectores que van a crecer serían el educativo y el uso de impresoras caseras.

5.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENTREVISTAS

Con el objetivo de analizar la percepción de los usuarios entrevistados, se han tabulado las respuestas relacionadas a los obstáculos y las oportunidades de aplicar la tecnología de manufactura aditiva para la generación de innovaciones.

A nivel académico (Tabla 30), se ha detectado que la percepción de oportunidades es mayor que la de obstáculos, siendo 23 oportunidades frente 21 obstáculos de 36 respuestas en ambos casos.

En primer lugar, los principales obstáculos están referido al área del conocimiento, en el cual destaca la dificultad por contar con personal capacitado, ya sea por la limitada apertura de incorporar estas competencias en algunos docentes regulares; por la ausencia de personal con certificación, requisito sustancial en instituciones educativas superiores; y por el aumento en los costos laborales que esto implica. Por otro lado, la falta información y la disponibilidad de servicios se presentan como barreras fundamentales, a pesar de que existir una oferta de servicios y una gran cantidad de contenido local e internacional, es necesario discernir entre las opciones e identificar la veracidad de la información.

En el segundo caso, se identifica que las oportunidades impactan principalmente en el área de la competencia, demanda y mercado. La incorporación de temas de manufactura aditiva en los planes de estudios y asignaturas, al ser una tecnología

en auge, no solo permite el mejoramiento de la calidad y actualización del contenido, sino también mejora directamente la imagen y posicionamiento de la institución, lo que trae como consecuencia la atracción de mayor cantidad de estudiantes y la diferenciación frente a la competencia (Tabla 29).

Tabla 30. Resultados de entrevistas a académicos

Resumen de obstáculos		Académicos			Resultados respuestas positivas		
		1	2	3			
Costes	1. Riesgos percibidos como excesivos	✗	✓	✓	2/3	7/12	21/36
	2. Coste demasiado elevado	✗	✓	✓	2/3		
	3. Falta de fondos propios	✗	✓	✓	2/3		
	4. Falta de financiación externa	✗	✗	✓	1/3		
Conocimiento	5. Potencial de innovación insuficiente	✗	✗	✓	1/3	10/15	
	6. Falta de personal cualificado	✓	✓	✗	2/3		
	7. Falta de información sobre la tecnología	✗	✓	✓	2/3		
	8. Insuficiencias en disponibilidad de servicios	✓	✓	✓	3/3		
	9. Rigideces organizativas dentro de la empresa	✓	✗	✓	2/3		
Mercado o competencia	10. Demanda dudosa de bienes y servicios innovadores	✓	✗	-	1/3	1/3	
Institución	11. Falta de infraestructura	✗	✓	✗	1/3	3/3	
	12. Debilidad de los derechos de propiedad	✓	✓	✗	2/3		
Resumen de oportunidades		Académicos			Resultados respuestas positivas		
		1	2	3			
Competencia,	13. Aumentar la gama de asignaturas	✓	✓	✗	2/3	12/15	23/36

demanda y mercado	14. Desarrollar productos respetuosos con el medio ambiente	×	×	✓	1/3		
	15. Aumentar o mantener la cuota de alumnos	✓	✓	✓	3/3		
	16. Aumentar la visibilidad o la exposición de los productos	✓	✓	✓	3/3		
	17. Reducir el plazo de respuesta a las necesidades de los alumnos	✓	✓	✓	3/3		
Producción y distribución	18. Mejorar la calidad de los productos académicos	✓	✓	×	2/3	9/18	
	19. Mejorar la flexibilidad de la producción	✓	✓	✓	3/3		
	20. Reducir los costes laborales unitarios	×	×	×	0/3		
	21. Reducir el consumo de materiales y energía	×	×	✓	1/3		
	22. Reducir los costes de diseño de productos	×	×	✓	1/3		
	23. Reducir las demoras en la producción	-	✓	✓	2/3		
Organización del lugar de trabajo	24. Mejorar la comunicación y la interacción entre las distintas actividades de la asignatura	-	✓	✓	2/3	2/3	

Elaboración propia

En el campo de investigación se identifica 22 oportunidades frente a 16 obstáculos de 33 de respuestas en ambos.

Se reconoce como principal obstáculo los costos relacionados a la adopción de la manufactura aditiva, principalmente debido a la falta de financiamiento interno y externo para asumir los costos elevados. A pesar de que en mercado se pueden obtener equipos de escritorio económicos, la aspiración de los investigadores es experimentar con tecnologías de última generación, como es en el caso de las bio impresoras 3D e impresoras 3D de metal, la cuales no solo implican inversiones

iniciales elevadas para solventar la capacitación y preparación de la infraestructura, sino también un presupuesto anual para mantenimientos y materiales.

La percepción de los investigadores en relación al impacto de las oportunidades por área es homogénea, es decir, esta se refleja de igual manera en la competencia, producción y organización. Destaca el potencial que posee la tecnología para la generación de nuevo conocimiento, la aceleración de las fases de innovación, la posibilidad de experimentar con procesos y materiales, y la mejora de la comunicación entre individuos de diferentes campos. A pesar de que el potencial de la tecnología como herramienta de innovación es evidente, la ausencia de vínculos entre los resultados de los proyectos y las necesidades de la industria limita la generación de soluciones innovadoras (Tabla 31).

Tabla 31. Resultados de entrevistas a investigadores

Resumen de obstáculos		Investig			Resultados respuestas positivas		
		1	2	3			
Costes	1. Riesgos percibidos como excesivos	✗	✓	✓	2/3	9/12	16/33
	2. Coste demasiado elevado	✓	✓	✗	2/3		
	3. Falta de fondos propios	✓	✓	✓	3/3		
	4. Falta de financiación externa	✓	✓	✗	2/3		
Conocimiento	5. Potencial de innovación insuficiente	✓	✗	✗	1/3	4/15	
	6. Falta de personal cualificado	✗	✓	✗	1/3		
	7. Falta de información sobre la tecnología	✗	✓	✗	1/3		
	8. Insuficiencias en la disponibilidad de servicios externos	✗	✗	✗	0/3		
	9. Rigideces organizativas dentro de la empresa	✗	✗	✓	1/3		
Institución	10. Falta de infraestructura	✗	✓	✓	2/3	3/6	
	11. Debilidad de los derechos de propiedad	✗	✓	✗	1/3		
Resumen de oportunidades		Investig			Resultados		

		1	2	3	respuestas positivas	
Competencia, demanda y mercado	1. Aumentar la gama de investigaciones	-	✓	✓	2/3	8/12
	2. Desarrollar productos respetuosos con el medio ambiente	-	✓	✓	2/3	
	3. Aumentar o mantener la cuota de invest.	-	✓	✓	2/3	
	4. Aumentar la visibilidad o la exposición de los productos	-	✓	✓	2/3	
Producción y distribución	5. Mejorar la calidad de las investigaciones	-	✓	✓	2/3	22/33
	6. Mejorar la flexibilidad de la producción	✓	✓	✓	3/3	
	7. Reducir los costes laborales unitarios	✗	✓	-	1/3	
	8. Reducir el consumo de materiales y de energía	-	✓	-	1/3	
	9. Reducir los costes de diseño de productos	✗	✓	✓	2/3	
	10. Reducir las demoras en la producción	✓	✓	✓	3/3	
Organización del lugar de trabajo	11. Mejorar la comunicación y la interacción entre las distintas actividades de investigación	-	✓	✓	2/3	2/3

Elaboración propia

A nivel empresarial, se detecta que las oportunidades representan suman 34 frente a un 26 de obstáculos de un total de 45 respuestas en los dos casos.

Las limitaciones más relevantes están relacionadas a la institución. Entre estas se identifica la falta de infraestructura, ya sea por el espacio necesario para incluir equipos de fabricación digital, como la tecnología elemental que se requiere para la adopción de la manufactura aditiva, como computadoras con softwares de diseño. Por otro lado, se comparte la percepción del sector en relación a la debilidad de los

derechos de propiedad intelectual, ocasionados por filtraciones de información, plagio entre empresas y las dificultades de garantizar la confidencialidad de los diseños al ser desarrollados y compartidos de manera digital.

En contraste, se evidencian diversas potencialidades de la manufactura aditiva, la mayoría de ellas se aprecian con mayor relevancia a nivel de competencia, demanda y mercado. La integración de la tecnología con el negocio posibilita la generación de nuevas gamas de productos y servicios, esto permite el aumento de la cuota del mercado y la introducción a nuevos, lo cual impacta directamente en los ingresos de la empresa (Tabla 32).

Tabla 32. Resultados de entrevistas a empresarios

Resumen de obstáculos		Empresarios			Resultados respuestas positivas		
		1	2	3			
Costes	1. Riesgos percibidos como excesivos	✗	✗	✗	0/3	4/12	26/45
	2. Coste demasiado elevado	✗	✗	✗	0/3		
	3. Falta de fondos propios	✓	✓	✗	2/3		
	4. Falta de financiación externa	✓	✓	✗	2/3		
Conocimiento	5. Potencial de innovación insuficiente	✗	✗	✓	1/3	13/21	
	6. Falta de personal cualificado	✗	✗	✓	1/3		
	7. Falta de información sobre la tecnología	✓	✓	✓	3/3		
	8. Falta de información sobre los mercados	✓	✓	✓	3/3		
	9. Insuficiencias en la disponibilidad de servicios externos	✓	✓	✓	3/3		
	10. Rigideces organizativas dentro de la empresa	✗	✗	✓	1/3		
	11. Incapacidad para afectar personal a las actividades de innovación debido a los requisitos de producción	✗	✗	✓	1/3		
Mercado	12. Demanda dudosa de bienes y	✗	✗	✓	1/3	3/6	

o	servicios innovadores						
competencia	13. Mercado potencial dominado por empresas establecidas	✓	✓	✗	2/3		
Institución	14. Falta de infraestructura	✓	✓	✓	3/3	6/6	
	15. Debilidad de los derechos de propiedad	✓	✓	✓	3/3		
Resumen de oportunidades		Empresas			Resultados respuestas positivas		
		1	2	3			
Competencia, demanda y mercado	1. Reemplazar los productos progresivamente retirados	✗	✗	✓	1/3	13/15	34/45
	2. Aumentar la gama de bienes y servicios	✓	✓	✓	3/3		
	3. Desarrollar productos respetuosos con el medio ambiente	✓	✓	✓	3/3		
	4. Introducirse en nuevos mercados	✓	✓	✓	3/3		
	5. Reducir el plazo de respuesta a las necesidades de los clientes	✓	✓	✓	3/3		
Producción y distribución	6. Mejorar la calidad de los bienes y servicios	✓	✓	✓	3/3	16/21	
	7. Mejorar la flexibilidad de la producción o la prestación del servicio	✓	✓	✓	3/3		
	8. Reducir los costes laborales unitarios	✗	✓	✗	1/3		
	9. Reducir el consumo de materiales y de energía	✓	✓	✗	2/3		
	10. Reducir los costes de diseño de productos	✓	✓	✓	3/3		
	11. Reducir las demoras en la producción	✓	✓	✓	3/3		
	12. Cumplir las normas técnicas del sector	✗	✓	✗	1/3		
Organiza	13. Mejorar la comunicación y la	✓	✗	✓	2/3	5/9	

ción del lugar de trabajo	interacción entre las distintas actividades de la empresa					
	14. Intensificar la transferencia de conocimientos con otras organizaciones y el modo de compartirlos	✗	-	✗	0/3	
	15. Establecer relaciones más estrechas con la clientela	✓	✓	✓	3/3	

Elaboración propia

A nivel general, los resultados de las entrevistas muestran coincidencias en la percepción de los usuarios. Los tres grupos de entrevistados concuerdan en que existe una mayor cantidad de oportunidades que obstáculos, siendo la percepción de las oportunidades equivalente a 79, frente a 63 obstáculos de 114 respuestas en ambos casos. Además, se detecta que el obstáculo con mayor concordancia se relaciona con la institución, donde se detectan 12 obstáculos de 18 respuestas. Sin embargo, en cada grupo entrevistado predominan áreas distintas, en el caso de la academia los obstáculos se detectan en la falta del conocimiento; a nivel de los investigadores en los costos elevados; y los empresarios manifiestan los conflictos a nivel de institución. Contrario a esta situación, las preponderancia de las oportunidades se comparten en todos los grupos, siendo los efectos en la competencia, demanda y mercado el área con mayor cantidad de potencialidades (Tabla 33).

Tabla 33. Resultados generales de entrevistas con detalle

Detalle		Acad	Investig	Empres	Total rpta positivas	
Obstáculos	Costes	7/12	9/12	4/12	20/36	63/114
	Conocimiento	10/15	4/15	13/21	27/51	
	Mercado o competencia	1/3	-	3/6	4/9	
	Institución	3/6	3/6	6/6	12/18	
Oportunidades	Competencia, demanda y mercado	12/15	8/12	13/15	33/42	79/114
	Producción y	9/18	12/18	16/21	37/57	

	distribución					
	Organización del lugar de trabajo	2/3	2/3	5/9	9/15	

Elaboración propia

6. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A través del presente trabajo se han identificado las oportunidades y los obstáculos de la aplicación de la manufactura aditiva en Lima como herramienta de innovación, de las cuales destaca la intervención institucional y los costos como principales obstáculos y los efectos en el mercado por parte de las oportunidades. Adicionalmente a ello, se realizó un diagnóstico del contexto local en temas de manufactura aditiva sobre los avances en la adopción, tal como se muestra en el capítulo 4. Finalmente, se han identificado temas relevantes que permiten una revisión prospectiva sobre la impresión 3D.

La manufactura aditiva en contextos internacionales es considerada como una herramienta indispensable para optimizar procesos en áreas de producción, diseño e innovación. En estas áreas las tecnologías de la Industria 4.0 se desarrollan a gran escala en los procesos industriales, siendo una de las protagonistas la impresión 3D. Por el contrario, en la ciudad de Lima, el avance observado es precario y lento. El uso de la manufactura aditiva se encuentra en una etapa de adopción inicial, dedicada a las actividades de divulgación y capacitación, mas no a su aplicación a nivel empresarial e industrial.

Como se identifica en el estudio de caso, la acción con mayor crecimiento se centra en la difusión de la tecnología en diferentes campos de aplicación. Existe una fuerte demanda por la generación de eventos especializados de divulgación y por contar con datos actualizados. Se observa una necesidad por información y capacitación al interior de la universidad y desde el exterior de la misma. Como consecuencia de ello, las actividades de capacitación y de formación continua han crecido gradualmente en los últimos años en el área X estudiada. La mayor demanda proviene del público externo y se observa que la manufactura aditiva en Lima aún está en su etapa de adopción inicial.

Se ha encontrado que la percepción de expertos en las áreas académica, investigación e industria en Lima sobre el uso de la manufactura aditiva alcanza un

mayor número bajo la perspectiva de oportunidad, sobre los obstáculos. Esto indica que se considera que existen más oportunidades que obstáculos para la generación de innovaciones en el tema estudiado.

Los obstáculos con mayor incidencia para la aplicación de la manufactura aditiva, son los referidos a la rigidez en las estructuras organizacionales de las empresas por un lado y en los costos por otro. Se necesitan recursos financieros para adquirir tecnología. A esto se suma una limitada capacidad para innovar. Faltan herramientas metodológicas que ayuden a innovar, falta interés por invertir en I+D+i y existe desconfianza y poca agilidad en los procesos de protección intelectual.

La manufactura aditiva posee el potencial de ser una herramienta que impulsa la innovación en la ciudad de Lima, de acuerdo a la percepción de usuarios con experiencia en las empresas y la academia, se detecta que las oportunidades de la aplicación de dicha tecnología impactarían positivamente en la participación en el mercado a través de la generación de una nueva o mejorada gama de producto, sin embargo, para un desarrollo efectivo del usos de la manufactura aditiva, se necesita de fuentes de financiamiento, de capacitación y de mecanismos de articulación como el Área X estudiada en el presente trabajo.

Finalmente, se ha encontrado que el desarrollo de la manufactura aditiva tendrá un crecimiento importante en el futuro. Los campos que se desarrollarán con mayor intensidad están relacionados con la mejora y evolución de las impresoras 3D; con el desarrollo de la ingeniería de los materiales y con aplicaciones avanzadas a nivel industrial en temas de transporte, medicina, construcción. Además, se contempla un crecimiento en el rubro educativo, en la investigación y en la masificación de la tecnología a nivel cotidiano. Tarde o temprano las impresoras 3D serán utilizadas en los hogares y oficinas de manera habitual y masiva. Sin embargo, en el Perú, el proceso por ahora es lento y no se observan perspectivas de que esto pueda acelerarse.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. Safaris, C. D. (2001). Rapid Prototyping. *Encyclopedia of Materials: Science and Technology (Second Edition)*, 7991-8003.
- Alexandra Berckemeyer, M. O. (2018). *PLAN DE MARKETING PARA EL LANZAMIENTO DEL CENTRO DE INNOVACIÓN 3D DE RICOH*. Universidad del Pacífico.
- Alvarado, R. G. (2011). Fabricación digital de modelos constructivos: análisis de equipos y procesos. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia FNa.b° r5i9ca*, 145-157.
- Andrade, A., Martin, M., Luna, C., Ángel, M., Rivera, L., & Jacob, J. (2018). Estrategias de Aplicación de Industria 4.0 en las Empresas. *LACCEI*.
- Angelopoulou, A., Mykoniatis, K., & Boyapati, N. (2020). Industry 4.0: The use of simulation for human reliability assessment. *Procedia Manufacturing*, 296-301.
- Aquiles, G. F. (1997). *La educación tecnologica*. Prociencia.
- ASTM. (2012). *Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies*. West Conshohocken: ASTM International.
- B.R. Martin, R. J. (1999). Technology foresight for wiring up the national innovation system: experiences in Britain, Australia, and New Zealand,. *Technological Forecasting and Social Change*, 37–54.
- Bak, D. (2003). Rapid prototyping or rapid production? 3D printing processes move industry towards the latter. *Assembly Automatation*, <https://doi.org/10.1108/01445150310501190>.
- Behar Rivero, D. S. (2008). *Metodología de la Investigación*. Shalom 2008.
- Belapatiño , V., & Perea, H. (2018). *Perú: Innovación una agenda pendiente*. Lima: BBVA Research.
- Blanchet, M., Rinn, T., Von Thaden, G., & Thieulloy, G. (2014). *Industry 4.0: The new industrial revolution*. Roland Berger . Obtenido de [www.rol](http://www.rol.com).
- Böhrt, R. (2001). Resistencia al cambio y transición de las organizaciones. La Paz, Bolivia: Universidad Católica Boliviana .
- Chan, L. &. (2012). Exploring the impact of technology foresight studies on innovation: Case of BRIC countries. *Futures*. *Futures*, 618–630.

- CONCYTEC. (2005). *PLAN NACIONAL ESTRATÉGICO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PARA LA COMPETITIVIDAD Y EL DESARROLLO HUMANO*. Lima: CONCYTEC.
- Crump, S. (1989). *Estados Unidos Patente nº 5.121.329*.
- Cueva, C. L. (2017). *La fabricación digital y su aplicación en el ámbito de la educación superior universitaria*. Madrid: CEU Ediciones.
- D D Gu, W. M. (2013). Laser additive manufacturing of metallic components: materials, processes and mechanisms. *International Materials Reviews*, 133-164.
- Del Val Roman, J. L. (2017). *Industria 4.0: la transformación digital de la industria*. Bilbao: CODDII.
- Dwivedi, V., Raj, M., Yadav, A., & Kumar Sharma, A. (2019). Additive Fabrication and Additive Technique : A. *4th International Conference on Information Systems and Computer Networks (ISCON)*, 21-22.
- Fernandez, M., Armesto, L., & Conejero, A. (2014). Beneficios de la Integración de los Laboratorios de Fabricación Digital (FabLab) en la Educación Superior. *XXII Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas*.
- Feygin, M., Shkolnik, A., N. Diamond, M., & Dvorskiy, E. (1996). *Laminated object manufacturing system*. US5730817A.
- Fredrick R. Ishengoma, A. B. (2014). 3D Printing: Developing Countries Perspectives. *International Journal of Computer Applications*.
- Gebhardt, A. (2012). *Understanding Additive Manufacturing*. Munich.
- Ghobakhloo, M. (2019). Industria 4.0, digitalización y oportunidades para la sostenibilidad. *Journal of Cleaner Production*.
- Gonzales, T. (2009). El modelo de Triple Hélice de relaciones universidad: Un análisis crítico. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 739-755.
- GRADE. (2007). *Investigación, políticas y desarrollo en el Perú*. Lima: GRADE.
- Graf, B., Ammer, S., Gumenyuk, A., & Rethmeier, M. (2013). Design of experiments for laser metal deposition in maintenance, repair and overhaul applications. *2nd International Through-life Engineering Services Conference*, 245-248.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGraw-Hill.

- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGRAW-HILL.
- Horn, T. J. (2012). Overview of current additive manufacturing technologies and selected applications. *Science Progress*, 255-282.
- Hull, C. (1986). *Estados Unidos Patente n° 4.575.330*.
- Hull, C. W. (1986). *Estados Unidos Patente n° 4.575.330*.
- Instituto Nacional de estadística e Informática. (2017). *Perú: Encuesta Nacional de Innovación en la Industria Manufacturera 2015*. Lima: INEI.
- ISO 52900. (2015). *Additive manufacturing*. ISO/ASTM.
- Jiménez, M., Romero, L., Dominguez, I., del Mar Espinosa, M., & Dominguez, M. (2019). Additive Manufacturing Technologies: An Overview about 3D. *Hindawi*, 30.
- K. Srinivasulu, S. D. (2016). Additive Manufacturing Technologies. *BEST: International Journal of Management, Information, Technology and Engineering*, 89-112.
- Kuhn, T. S. (1995). *“Estructura de las Revoluciones Científicas*. Fondo de Cultura.
- Lemarchand, G. (2010). *Sistemas Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación en América Latina y el Caribe*. Montevideo: UNESCO.
- Manual de Oslo. (2005). *Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación* (Vol. 3era edición). OECD European Communities.
- Manufacturing Guide . (2020). *Manufacturing Guide* . Obtenido de www.manufacturingguide.com
- Market, B. I. (15 de 06 de 2017). Obtenido de <http://www.bim.pe>
- Michael R. Wright, D. E. (1995). *Estados Unidos Patente n° 5.453.933*.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2019). *Plan Nacional de Competitividad y Productividad*. Lima: El Peruano.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (16 de 12 de 2020). *mef.gob.pe*. Obtenido de www.mef.gob.pe
- Mires, F. (2009). *La revolución que nadie soñó*. Buenos Aires: Araucaria.

- Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T., & Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Composites*, 172-196.
- Nuñez, M., & Gomez, O. (2005). El factor humano: resistencia a la innovación tecnológica. *ORBIS*, 23-34.
- Nuñez, M., & Gómez, O. (2005). El Factor Humano: resistencia a la Innovación tecnológica. *ORBIS*, 23-34.
- Oslo Manual. (2018). *Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation*. OECD.
- Quintanilla, M. (1991). *Tecnología: un enfoque filosófico*. Buenos Aires: EUDEBA.
- Razvan Udroi, I. C. (2017). Polyjet technology applications for rapid tooling . *MATEC*, 03011.
- Riba, C., & Molina, A. (2006). *Ingeniería Concurrente: Una metodología integradora*.
- Robbins, S. P. (1999). *Comportamiento Organizacional*. México: Prentice Hall.
- Rogers, E. M. (1983). *Diffusion of innovations* (Vol. 3era ed.). New York: Prentice Hall.
- Rúa Pérez, J. (2009). *Tecnología, Innovación y Empresa*.
- Schroeder, W. (2017). *La estrategia alemana Industria 4.0: el capitalismo renano en la era de la digitalización*. Madrid: Friedrich Ebert Stiftung.
- Schumpeter, J. (1996). *Capitalismo, socialismo y democracia*. Barcelona: Ediciones Folio.
- Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. barcelona: Debate.
- Serida, J., Guerrero, C., Alzamora, J., & Borda, A. (2017). *Global Entrepreneurship Monitor: Perú 2016-2017*. Lima: Universidad ESAN.
- Shahrubudin, N. L. (2019). An Overview on 3D Printing technology: Technological, Materials, and Applications. . *Procedia Manufacturing*, 1286-1296.
- Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G. (2014). Smart factories in industry 4.0: a review of the concept and of energy management approached in production based on the internet of things paradigm. . *IEEE*, 697-701.
- Spectral Engines Oy. (2020). *Spectral Engines Oy*. Obtenido de <https://www.spectralengines.com/>

- Stratasys. (2018). *Stratasys Additive Manufacturing Certification* .
- Tempelman, E. S. (2014). Manufacturing and Design. *Additive Manufacturing*, 187-200.
- Thomas Duda, L. V. (2016). 3D Metal Printing Technology. *ScienceDirect*, 103-110.
- Viotti, E. (2002). National learning systems: a new approach on technological change in late industrializing economies and evidences from the cases of Brazil and Korea. *Technological Forecasting and Social Change*, 653–680.
- Weyer, S., Schmitt, M., Ohmer, M., & Gorecky, D. (2015). Towards Industry 4.0 - Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. *IFAC*, 579-584.
- WIPO. (2019). *Global Innovation Index 2019*. Cornell University, INSEAD and WIPO.
- Wohlers Report. (2019). *3D Printing and Additive Manufacturing*. Wohlers Associates.
- Yong Yin, K. S. (2017). The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 848-861.



ANEXOS

PROTOCOLO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA ENTREVISTAS¹

Estimado/a participante,

Le pedimos su apoyo en la realización de una investigación conducida por Jennifer Wong Poggi de la Pontificia Universidad Católica del Perú. La investigación tiene como propósito identificar las oportunidades y los obstáculos de la aplicación de la manufactura aditiva en el Perú.

La entrevista durará aproximadamente 40 minutos y todo lo que usted diga será tratado de manera confidencial, es decir, su identidad será protegida a través de un pseudónimo.

La información dicha por usted será grabada y utilizada únicamente para esta investigación. La grabación será guardada por el investigador en su computadora personal por un periodo de tres años luego de publicada la tesis.

Su participación es totalmente voluntaria. Usted puede detener su participación en cualquier momento sin que eso le afecte, así como dejar de responder alguna pregunta que le incomode.

Si tiene alguna pregunta sobre la investigación, puede hacerla en el momento que mejor le parezca.

Si tiene alguna consulta sobre la investigación o quiere saber sobre los resultados obtenidos, puede comunicarse al siguiente correo electrónico: jwongp@pucp.edu.pe o al número 952324474. Además, si tiene alguna duda sobre aspectos éticos, puede comunicarse con el Comité de Ética de la Investigación de la universidad, al correo electrónico etica.investigacion@pucp.edu.pe o al número 626 2000, anexo 2246.

Complete los siguientes enunciados en caso desee participar:

Nombre completo:	
Firma del participante:	
Firma del investigador:	
Fecha:	

¹ Este protocolo de consentimiento informado (PCI) está pensado para participantes en situación de vulnerabilidad que no están familiarizados con investigaciones académicas y, por ello, este formato es más sencillo. Existen múltiples situaciones de este tipo y depende de cada investigador construir un PCI que se adecúe al perfil del participante.