

# Evaluación de capacidades de innovación para la implementación de la Manufactura Aditiva con Metales en un Centro de Productividad. Un Estudio de Caso

Evaluation of Innovation Capabilities for Implementation of Additive Manufacturing of Metals at a Production Center. A Case Study

 <https://doi.org/10.21803/adgnosis.12.12.608>

**Wilber Armel Cortez Gómez**

 <https://orcid.org/0000-0003-4543-0429>,

Magíster en Gestión de Ciencia Tecnología e Innovación. Investigador-GACIPE del SENA. Medellín (Colombia). [wacortez@sena.edu.co](mailto:wacortez@sena.edu.co).

**Cristina López González**

 <https://orcid.org/0000-0002-9425-8189>

PhD en Ingeniería, Industria y Organizaciones. Docente de la Universidad de Antioquia. Medellín (Colombia).  
E-mail: [cristina.lopezg@udea.edu.co](mailto:cristina.lopezg@udea.edu.co).

## Cómo citar este artículo:

Cortez, W. y López, C. (2023). Evaluación de capacidades de innovación para la implementación de la Manufactura Aditiva con Metales en un Centro de Productividad. Un Estudio de Caso. *Ad-Gnosis*, 12(12). p. 1-18. <https://doi.org/10.21803/adgnosis.12.12.608>.

## Resumen

Colombia enfrenta un cambio tecnológico, económico, ambiental y cultural de cara a la Cuarta Revolución Industrial, por tanto, desde el Gobierno Nacional y el Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, se están realizando esfuerzos en la incorporación de las tecnologías habilitadoras para un mundo digital e interconectado. Por eso, este trabajo busca identificar los grandes desafíos a los que se enfrenta el SENA frente a la aplicación de la Manufactura Aditiva con Metales o AMM por sus siglas en inglés Additive Manufacturing of Metals en los diferentes sectores de la economía y la puesta en marcha de programas de formación que aporten al desarrollo de esta, para ello desarrolla un Estudio de Caso, que a través de una evaluación de capacidades identifica desafíos y propone un plan de acción a la institución. El resultado constituye una evidencia sobre los grandes retos que enfrenta el Centro de Manufactura Avanzada CTMA en la AMM, los hallazgos permiten identificar aspectos críticos en la implementación e identificación de tecnologías para empresas estratégicas en el sector de manufactura, además, el CTMA no cuenta con una estructura formal de AMM, planeación estratégica, procedimientos y responsables para canalizar la información y las demandas de la industria

**Palabras Clave:** *Manufactura avanzada; Manufactura aditiva con metales; Cuarta revolución industrial; Estudio de caso; Capacidades de innovación<sup>1</sup>.*

## Abstract

Colombia faces technological, economic, environmental and cultural changes about the Fourth Industrial Revolution. Therefore, the National Government and the National Service for Learning - SENA -, are undertaking efforts to incorporate technologies to enable a digital and interconnected world. Thus, this paper seeks to identify the main challenges faced by SENA with regards to the application of Additive Manufacturing of Metals in the different sectors of the economy, and the implementation of training programs to contribute to the development thereof. Consequently, a case study is developed through evaluation of capabilities, identifying challenges and proposing an action plan for the institution. The results represent evidence regarding the main challenges faced by the CTMA -Center for Advanced Manufacturing-, regarding AMM. The findings enable identifying critical aspects for implementation and identification of technologies for strategic companies in the manufacturing sector and, additionally, that the CTMA has no formal structure for AMM, strategic planning, procedures, nor responsible parties to channel information and industry demands.

**Keywords:** *Advanced manufacturing; Additive manufacturing of metal; Fourth industrial revolution; Case study; Innovation capabilities.*

1. Los términos clave han sido recuperados a partir del Tesoro de la Unesco

## Introducción

Colombia es un país en vía de desarrollo y con grandes retos a nivel nacional y global, que enfrenta día a día el gran auge de la Cuarta Revolución Industrial (4RI), que está generando grandes cambios en el futuro del trabajo en la era de la automatización. Según los expertos, se generan épocas difíciles y es posible hallar afirmaciones en ese sentido como: “Se perderán varios millones de empleos a nivel mundial y se generarán otros con unas nuevas habilidades necesarias para la era de las máquinas, que tendrá grandes mega tendencias en tres áreas; física, digital y biológica” (Schwab, 2016, p. 19).

Por tanto, una de las grandes apuestas del Gobierno Nacional y el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), es poder incorporar las nuevas tecnologías habilitadoras de la 4RI, en los diferentes sectores económicos de la sociedad que permitan adquirir las habilidades y conocimientos necesarios para crear un ecosistema en el cual puedan interactuar el sector productivo, la academia y la comunidad, dando las herramientas necesarias y la formación para el trabajo y de esta forma, generar valor y habilidades para un mundo más competitivo, conectado y desigual, donde cada vez es más evidente la brecha entre ricos y pobres. Dado el cambio tecnológico actual, el SENA dentro de sus grandes apuestas espera dar una formación acorde a la vocación productiva de los departamentos de Colombia y que la misma esté soportada en estrategias transversales en la entidad. Así mismo, se modifica la guía sectorial de programas y proyectos de Ciencia Tecnología e Innovación - CTI, para incluir como tipología el uso, la producción, integración y apropiación de tecnologías de la información y comunicaciones, transformación digital y 4RI “lo cual incluye analítica de datos, Internet de las cosas, registros distribuidos, inteligencia artificial, aprendizaje de máquinas, impresión 3D, realidad virtual y realidad aumentada, entre otros” (Departamento Nacional de Planeación, 2018, p. 145).

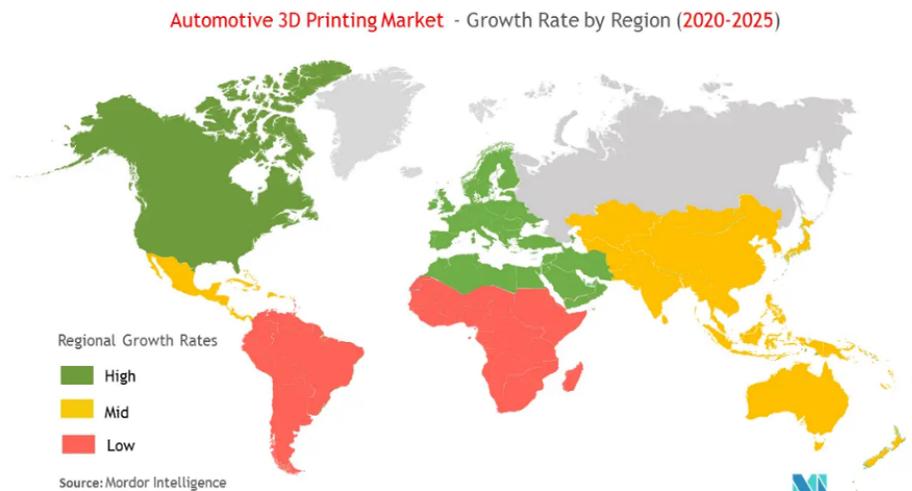
La Impresión 3D (Manufactura Aditiva o la Additive Manufacturing AM) es una tecnología disruptiva y uno de los habilitadores de la 4RI que genera grandes cambios tanto a nivel tecnológico, legal, empresarial y del mercado. En el presente proyecto se trabaja con Impresión 3D con metales o la Manufactura Aditiva con Metales o AMM por sus siglas en inglés Additive Manufacturing of Metals, que tiene gran impacto y es una parte esencial de la cadena de suministros para fabricar piezas, repuestos para disminución de stocks y tiempos de espera en todos los sectores de la industria militar, aviación, biomédica, el comercio, entre otros.

A nivel local, departamental y nacional la AM y concretamente con metales se encuentra en un proceso de maduración y aplicación en varios países en América Latina, pero solo México se encuentra a la vanguardia en prototipos y desarrollo de este tipo de tecnología en procesos, fabricación y producción de partes para la industria, gracias a la visión que las tecnologías disruptivas tienen en el desarrollo para México, y que permiten que varios entes públicos y privados conformen el Consorcio de Manufactura Aditiva (CONMAD). Entre los objetivos, está la consolidación del liderazgo de México en esta área, se estima que, en los próximos años, el 40% de los productos para los sectores aeronáutico y automotriz se fabricarán a través de la AMM y plásticos (CIDESI, 2017). En síntesis, este proyecto se enfrenta a la situación problemática que resume en la impresión 3D con metales o la AMM como uno de los habilitadores de la 4RI que impacta los diferentes sectores económicos. La evaluación de capacidades de la tecnología es una oportunidad para desarrollar conocer aspectos necesarios para su implementación, en este caso se puede hablar de una oportunidad.

Mientras, en Colombia la misión del SENA es impactar en el desarrollo social y técnico ofreciendo y ejecutando la formación profesional integral para la incorporación y el desarrollo de las personas en actividades productivas que contribuyan al bienestar social, económico y tecnológico del país (Servicio Nacional de Aprendizaje, 2019). Actualmente se ejecutan estrategias a nivel nacional y local que permiten el fortalecimiento de habilidades acordes a la era de la 4RI, enfocándose en aquellas tecnologías habilitadoras más acordes al territorio colombiano.

La AMM es una de esas tecnologías habilitadoras con gran impacto, que se encuentra en gran expansión en regiones como Asia, Estados Unidos y la Unión Europea, regiones que siguen apostando a esta tecnología disruptiva como se puede apreciar en la Figura 1. Por lo anterior en América Latina y en especial Colombia se deben emprender acciones urgentes que permitan el desarrollo en los diferentes sectores económicos, que permita producir bienes y servicios con alto valor agregado y generar nuevas formas de producción de manufactura, y así, poco a poco dejar de ser un país con alta dependencia a la industria extractivista.

**Figura 1.**  
*Crecimiento Manufactura Aditiva con Metales*



*Fuente:* (Mordor Intelligence, 2021)

Por tanto, el objetivo de este proyecto es evaluar las capacidades para la implementación de la AMM del Centro de Manufactura Avanzada (CTMA) del SENA en Pedregal Medellín, a través del análisis de un caso empresarial y del proceso de implementación en el mismo CTMA. Para ellos se vale de los siguientes objetivos específicos.

Explorar el contexto de la AMM en el entorno empresarial regional. Identificar las capacidades de AMM en la empresa seleccionada y en el CTMA. Detectar aspectos críticos del caso elegido y confrontarlo con las necesidades del CTMA y diseñar al CTMA del SENA un plan de acción para la incorporación de AMM. Se plantean algunas proposiciones en este caso, alrededor de la necesidad de

conocer que tan maduro es el proceso de incorporación de la AMM en las empresas de la región y cuál es el estado de incorporación de la AMM en la empresa, entre otras.

### **Marco teórico**

En el presente capítulo se describe la teoría de recursos y capacidades empresariales, la importancia de la industria 4.0 y el habilitador principal que es la AMM, también se busca dar un contexto de esta tecnología en Colombia, y el Rol del SENA como Institución de formación para el trabajo. Se da un hilo sobre la AMM y las capacidades de innovación, planteamiento teórico principal en el desarrollo de este proyecto. Se trata de una tecnología habilitadora de la 4RI la cual es una de las grandes apuestas a nivel mundial para el desarrollo económico, sistemas de producción, logísticos y de costos. La 4RI es el término acuñado, el cual hace referencia a las diferentes tecnologías habilitadoras que se encuentran cambiando la forma en que se interactúa, compra y vende productos o servicios, se desarrollan nuevos modelos de negocio y está impactando la fuerza laboral por la automatización de los puestos de trabajo. La AMM, que es la tecnología sobre la cual trata este trabajo, pretende identificar aspectos clave para su implementación en un país, que, como Colombia, cuenta con una de las sedes de la 4RI, actualmente ubicada en Ruta N en la ciudad de Medellín. Por último, se presenta el rol del SENA y del CTMA de Medellín y sus necesidades para implementación de esta tecnología en la industria manufacturera en la ciudad.

### **Capacidades de Innovación**

En la teoría de recursos y capacidades, la idea de considerar los recursos de la empresa como fuente de crecimiento interno, se remonta y se sustenta en el trabajo *The Theory of the Growth of the firm*, que destaca la importancia de los recursos existentes de la empresa, incluso, respecto a la demanda (Penrose, 1959). Esto sugiere que las estrategias de crecimiento de las organizaciones están en función de los recursos, entendiéndose como recursos aquello que podría considerarse como una fortaleza o debilidad de una empresa determinada (Wernerfelt, 2007). Por tanto, la ventaja competitiva y el crecimiento organizacional están dados por los recursos y las capacidades de la organización, por ser éstos valiosos, raros, imperfectamente imitables y no sustituibles. Los recursos se pueden clasificar en físicos, humanos y organizacionales. Los físicos son la tecnología, el equipo y las instalaciones; la localización geográfica y el acceso a las materias primas, los humanos son el entrenamiento, la experiencia, el criterio, la inteligencia y las relaciones; la intuición de los directivos y de los trabajadores. Los principales recursos en las organizaciones incluyen la estructura formal, la planeación formal e informal, el control y la coordinación de los sistemas; las relaciones entre los grupos dentro de la empresa y entre la empresa y otros agentes de su ambiente (Barney, 1991).

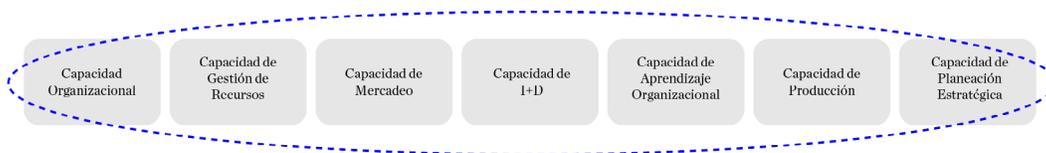
En cuanto a la creación de capacidades, éstas son entendidas como las habilidades que permiten configurar competencias y recursos (Teece et al., 2007). Una capacidad organizacional es la habilidad para desarrollar un conjunto coordinado de tareas mediante la utilización de los recursos organizacionales, con la finalidad de lograr un resultado en particular (Helfat & Peteraf, 2003). Son las que ocasionan la creación, la evolución y la recombinación de esos otros recursos en nuevos recursos, por

lo anterior para enfrentar los retos de estos tiempos (Sher & Yang, 2005). Las capacidades tanto técnicas como de gestión se encuentran basadas en recursos – información y conocimiento vinculadas con la capacidad de innovación (López et al., 2004).

Los autores clásicos del pensamiento económico y el pensamiento estratégico hacen importancia de aquellas capacidades organizacionales con las dinámicas de innovación tecnológica, denominadas Capacidades de Innovación Tecnológica (Bogers et al., 2019), por lo tanto, la relación que existe entre este tipo de capacidades y el desempeño empresarial juega un papel fundamental en la generación y acumulación de capacidades mediante políticas y estrategias adecuadas a nivel del país, sector y empresa (López et al., 2004). Estudios recientes han incorporado la evolución de las capacidades dinámicas dada por pensar o detectar (Sensing), apropiar (Sazing) y transformar (Transforming) como un aspecto clave para la incorporación de las tecnologías disruptivas de la 4RI, para países en vía de desarrollo (Aghimien et al., 2021).

Desde la perspectiva de los recursos y las capacidades, se puede entender que detrás de la innovación como proceso empresarial se encuentran las capacidades organizacionales que logran obtener los productos y servicios de la empresa, por lo que el concepto de capacidades de innovación tecnológica (CIT), se refiere aquellas genéricas y específicas que posee la empresa para la realización de innovaciones como resultado de los procesos estratégicos y misionales de la organización. En la literatura se identifican múltiples fuentes sobre capacidades organizacionales asociadas a la innovación tecnológica como: Yam et al. (2004), Guan & Ma (2003) y Wang et al. (2008), y sugieren que básicamente las capacidades pueden agruparse en Capacidad de I+D, Capacidad de Gestión de Recursos, Capacidad de Aprendizaje Organizacional, Capacidad de Planeación Estratégica, Capacidad de Producción, Capacidad de Mercadeo y Capacidad Organizacional y que el son agrupadas en Robledo et al. (2010), como se presenta en la Figura 2.

**Figura 2.**  
*Capacidades de Innovación Tecnológica (CIT)*



*Fuente:* Elaboración propia a partir de Robledo et al. (2010)

### **Industria 4.0, 4RI y Manufactura Aditiva con Metales AMM**

El concepto de 4RI nace en Alemania, y busca el mejoramiento continuo y la calidad de sus procesos productivos, generando la trazabilidad de bienes y servicios, esto significa la interconexión de todos los subsistemas de la empresa para dar respuesta de forma efectiva a los requerimientos del mercado. Es un concepto con el cual las grandes compañías empiezan a competir buscando la automatización de los procesos, de forma que permite la optimización y calidad en los diferentes sistemas productivos de las empresas. La 4RI abarca un gran número de tecnologías habilitadoras que permite tener un ecosistema interconectado e inteligente, y cada vez más competitivo con un gran énfasis en

las economías desarrolladas, que están logrando tener un gran impacto en la producción de nuevos bienes y servicios con gran valor agregado y ventajas competitivas frente a los países que no cuentan con recursos necesarios para dedicar a la ciencia, tecnología e innovación; por lo anterior la 4RI será la gran apuesta para el desarrollo y crecimiento de los diferentes sectores de la economía (World Economic Forum, 2017).

Una de las tecnologías habilitadoras de la 4RI es la AMM que consiste en la creación de piezas metálicas por medio de la impresión en 3D, esta tecnología ha cambiado la manera de realizar y producir piezas para los diferentes sectores en los cuales se puede aplicar, tales como; salud, manufactura, minero, aviación, automotriz, con la aplicación de este habilitador se pretende mejorar la producción de piezas complejas de realizar, la disminución de stocks en los almacenes, la fabricación de piezas a la medida, la disminución de costos por transporte y la logística. En la actualidad esta tecnología es muy costosa dado el grado de novedad que tiene y la incursión en los diferentes mercados, las diferentes consultoras a nivel internacional la describen como la espina dorsal en la transformación de la producción industrial (CIDESI, 2017).

### **La AMM en Colombia y el Rol del SENA**

Colombia es un país en vía de desarrollo que en la actualidad realiza grandes esfuerzos para mejorar la economía, ser más competitivo y generar valor agregado en los diferentes productos y procesos de los sectores de la economía colombiana. La AMM se encuentra en Colombia en una fase de estudio y revisión por parte de universidades públicas y privadas de educación superior e instituciones de formación para el trabajo, que están realizando avances significativos en la aplicación de dicha tecnología en los diferentes sectores económicos, hasta el momento se cuenta con poca información sobre la aplicación de la tecnología con metales en algún sector, dado el elevado costo, los insumos y la aplicación.

Desde el 2018 el gobierno nacional tiene como banderas la 4RI y la economía naranja, esta última, conformada principalmente por las industrias culturales y creativas. Ambas para poder crear e impulsar la economía del país, para ello, se realizan grandes alianzas estratégicas con empresas nacionales y extranjeras como Empresas Públicas de Medellín o Siemens enfocadas en la financiación y/o programas de formación, que permitan presentar a Colombia como un país abierto y comprometido con las tecnologías disruptivas que están cambiando la forma de vivir y de trabajar.

Dado el gran desafío que traen las nuevas tecnologías para el país, el gobierno de Colombia, realiza gestiones tanto a nivel nacional como internacional para poder formar en las habilidades necesarias en los trabajos del futuro, y apoyar la creación de empresas que desarrollan actividades en productos y procesos acordes a la era de la 4RI, en las cuales se encuentran: Computación en la nube, gran volumen de datos, Internet de las cosas, ciudades inteligentes, inteligencia artificial, manufactura aditiva, computación cognitiva, economía colaborativa, entre otras (Departamento Nacional de Planeación, 2018).

El compromiso del gobierno colombiano por ser un país que apunta a desarrollar su economía de la mano de la tecnología y sus avances le ha llevado a instalar en Medellín es uno de los centros para la 4RI del Foro Económico Mundial (WEF), concretamente en las instalaciones de Ruta N. Por intermedio del Director Nacional del SENA, los diferentes centros de educación de esta institución se especializan

en las tecnologías acordes a los sectores productivos de la ciudad y del departamento, actualmente, el CTMA del SENA Pedregal Medellín, cuenta con cinco áreas de formación académica, entre formación titulada y complementaria que son: automatización, automotriz, sistemas de manufactura, electricidad, TIC y electrónica, cada una de estas áreas realiza estudios, alianzas y acercamientos a nivel nacional e internacional con las tecnologías disruptivas que marcan el camino de la ciudad de Medellín, el departamento de Antioquia y Colombia (Departamento Nacional de Planeación, 2018).

En Colombia, el sector de la manufactura es uno de los tres sectores que más crece y se desarrolla a nivel nacional en diferentes procesos y productos (Fedesarrollo, 2020), la AMM hasta el momento es una “cenicienta” dado que hay poca información sobre el potencial de esta tecnología disruptiva en la economía colombiana. Algunas universidades realizan estudios sobre el tema, pero muy pocas trabajan en AMM. En Latinoamérica el primer centro de AMM, CONMAD es un consorcio en la ciudad de Santiago de Querétaro del país de México, el cual es un sistema colaborativo tiene aportes del sector público y el sector privado, las líneas de investigación que se desarrollan en el consorcio están enfocadas a la manufactura aditiva en 2D y 3D, síntesis y procesamiento de materiales metálicos (CIDESI, 2017). Recientemente el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo e iNNpulsa incursionaron en la implementación de tecnologías avanzadas y emergentes para el sector de la manufactura con el programa nuevas experiencias tecnológicas (N.E.X.T), en el cual se materializa el concepto de manufacturas avanzadas, entre estas la impresión 3D, como lo especifica el área de Analítica en iNNpulsa.

Según los estudios Gartner, una empresa dedicada a la investigación en tecnología y la consultoría y que cuenta entre sus clientes con grandes compañías y gobiernos del mundo occidental, presenta en su curva del cuadrante mágico, la posibilidad de implementación de un desarrollo específico. Para el caso particular de la AMM, expresa que ésta se utiliza cada vez más en los sectores médico, manufacturero y metalmecánico. Esto convierte a esta tecnología en un importante eslabón en la cadena de suministros para el 2030, para fabricar piezas de repuesto para los mercados comercial, militar, automotriz y de ciertos consumidores (Gartner Inc., 2018).

## Metodología

Este proyecto se desarrolló con el uso de métodos de investigación cualitativa, concretamente el propuesto por Yin (2006), el estudio de caso. Para la recolección de información, se tomó como referente el instrumento de evaluación de capacidades de innovación (Robledo et al., 2010), que además permite la valoración de la información recolectada y marco para el análisis. Así, se obtuvo una visión más general y completa del uso e implementación de la tecnología en la empresa seleccionada, y esto permitió comprender el grado de madurez de la AMM allí, como un caso empresarial de referencia en Antioquia, además de una valoración sobre el CTMA, usando el mismo instrumento. Así, se propuso un plan de acción, respecto a su implementación en el contexto competitivo de la industria de AMM en la región, lo que le constituye en una investigación aplicada que se asemeja a una consultoría (Kubr, 2000).

La validez y fiabilidad del estudio de caso estuvo dada en su construcción por el uso de las diferentes fuentes de información, así como la revisión de información documentada por parte de

la empresa seleccionada. A nivel del CTMA, la aplicación del instrumento (Robledo et al., 2010) posibilitó crear condiciones apropiadas para la recolección de la información y hacerle fiable. Finalmente, el caso ofreció resultados que pueden ser replicables a otras organizaciones e incluso sectores, en contextos similares.

### Paso 1. Diseño del estudio de caso.

Tabla 1.  
Diseño del Caso

Aspecto	Descripción
<b>Preguntas del Estudio</b>	<p>El estudio de caso descriptivo de la empresa del sector, empresa líder en innovación en tecnologías disruptivas, mientras, el Centro de Tecnología de la Manufactura Avanzada CTMA una institución pública y con la misión de formación para el trabajo, quiere ser líder en la formación de tecnologías habilitadoras necesarias para el desarrollo de la industria en Colombia. Por lo tanto, el CTMA en el presente caso de estudio pretendía resolver: ¿Por qué es necesario conocer que tan maduro es el proceso de incorporación de la AMM en las empresas de la región?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es el estado de incorporación de la AMM en la empresa?</li> <li>• ¿Qué estrategias se deben de implementar por el CTMA, para brindar programas de formación Técnico, Tecnólogos y complementarios en AMM?</li> </ul>
<b>Proposiciones del Caso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La evaluación de capacidades del proceso de la AMM en la empresa permite determinar cuán maduro es y el conocimiento e implementación de esta tecnología en la organización, que a futuro sirva como ventaja competitiva en el medio.</li> <li>• Las habilidades de la organización en AMM contribuyen a hacer más competitivas en el mercado objetivo con productos y servicios de alto valor agregado.</li> <li>• Contar con una valoración sobre estado de conocimiento e implementación de la AMM en el CTMA, es útil para determinar el grado de madurez de incorporación de esta tecnología.</li> <li>• La información obtenida de la empresa y del CTMA serán insumos para establecer un plan de acción para el CTMA.</li> </ul>
<b>Análisis de la unidad de estudio</b>	<p>El caso de estudio de este proyecto es sobre una empresa del sector metalmecánico en la región, pionera en tecnologías habilitadoras de la 4RI, especialmente industria metalmecánica con ingeniería avanzada de procesos y manufactura. Además, todo este proyecto se reconoce en el contexto del SENA, que para este caso particular se trata del CTMA.</p>
<b>La relación lógica entre las preguntas y las proposiciones</b>	<p>Las preguntas de investigación permitieron seguir un camino en el estudio de caso que, para dar respuesta al estado de la AMM, las cuales se encuentran alineadas con las proposiciones dado que sirven para la recolección de los datos y posterior análisis de los distintos niveles del caso. Por lo anterior se encuentra una relación entre las preguntas y las proposiciones dado que cuentan con los constructos de los cuales se obtiene la debida información. El resultado obtenido por medio de las entrevistas semiestructuradas permitió tener una visión más precisa sobre el estado de la AMM en la industria regional, esto, por medio de una valoración dada a las preguntas realizadas en la recolección de la información de acuerdo con el método sugerido por Jeston &amp; Nelis (2008) el Business Process Management (BPM).</p>
<b>Los criterios para la interpretación de los resultados</b>	<p>Tal como se señaló, para el desarrollo del proyecto se revisaron los documentos sobre nivel de madurez de (Jeston &amp; Neils, 2008) y la herramienta desarrollada por Robledo et al., (2010), los cuales describen la madurez de las organizaciones de la siguiente manera: 1) Estado inicial, no existe ningún modelo o proceso definido y todo se hace sobre la marcha; 2) Repetible, existe planificación, la empresa comienza a crear e implementar la gestión y se aumenta las personas que miran una perspectiva del proceso; 3) Definido, documentado y normaliza los precios a nivel organizativo, la gestión incluye requisitos, planificación y seguimiento a través de toda la organización, existe un mayor impulso en su búsqueda para desarrollar capacidades; 4) Gestionado, pone énfasis en la calidad del proceso y del servicio, es capaz de medir el estado de su gestión y está firmemente arraigada en la composición estratégica de la organización; 5) Optimizado, hace parte esencial de la gestión estratégica y operativa dentro de la organización, incluye la prevención de efectos, administración de cambios tecnológicos y gestión de cambios en los procesos, procesos de mejora continua. Además, de instrumentos referentes para la evaluación de las capacidades de innovación (Robledo et al., 2010). Dado los niveles de madurez planteados inicialmente y los resultados recolectados de la herramienta de las entrevistas semiestructuradas se pudo establecer el estado de la AMM y realizar una descripción diagnóstica de la implementación en la industria y por parte del CTMA.</p>

Fuente: elaboración propia a partir de la propuesta de Yin (2006).

La tabla 1 recoge la propuesta de diseño del caso.

## **Paso 2. Preparación para la recolección de datos**

La información necesaria para poder conducir el estudio de caso se obtuvo con el gerente de la empresa del sector y el líder SENNOVA del Centro. La aplicación del instrumento estaba dirigida a las áreas de investigación e innovación, dirección de planeación, coordinación de gestión estratégica las cuales tienen como encargado al gerente y en el caso del CTMA al líder SENNOVA. Además de los aportes de información de la empresa y el SENA, a partir de información secundaria. Por tanto, se contó con dos tipos de fuentes.

Fuente Primaria: las entrevistas semiestructuradas para la empresa y para el líder SENNOVA fueron realizadas con un guión de preguntas semiestructuradas, elaborado a partir del trabajo de (Robledo et al., 2010), las mismas tienen como propósito indagar por la información necesaria que llevará al evaluador a identificar el grado de madurez en cada capacidad y la capacidad en cada una de las dimensiones organizacionales. La parte abierta de la entrevista estaba enfocada en conocer que se hace (prácticas) para la innovación en la tecnología habilitadora AMM y también sobre los resultados obtenidos en la organización. Esto para conocer el contexto de la capacidad tanto en organización como en el CTMA frente a la tecnología habilitadora AMM. Para la recolección de la información se realizaron 56 preguntas semiestructuradas que permitieran tener un hilo conductor y tener una dirección general sobre el actuar del gerente en las capacidades de la organización y la AMM.

Fuente Secundaria: la búsqueda que se hizo estaba dirigida a identificar los procesos de innovación con tecnología especializada en tratamientos térmicos, el laboratorio de ingeniería avanzada IHT-LAB, proceso de *contract manufacturing*, estos fueron recolectados mediante los documentos y archivos suministrados por la empresa del sector, los documentos revisados para realizar el diagnóstico apuntan a políticas, normatividad interna, documentos elaborados por el área de investigación e innovación para diversos fines, pero que documentan en gran medida los avances que se tienen en el tema.

En cuanto al SENA, se recolectó información de plan estratégico institucional (Servicio Nacional de Aprendizaje, 2019) proyectos estratégicos SENNOVA Antioquia, página web, proyecto de manufactura aditiva (SENA-CTMA, 2020), informes previos de escenarios 2030 e informes del CTMA para el 2021.

## **Paso 3. Recolección de información**

La empresa del sector y el líder de SENNOVA del CTMA, fueron quienes autorizaron la aplicación de la entrevista, se procedió a concertar las citas para aplicar del instrumento con cada uno de los responsables de las áreas seleccionadas.

Análisis de datos, que constituye el **paso 4**. Se alimenta con los resultados, que se presentan en los ítems resultados y discusión. Los datos fueron agrupados en una plantilla de Excel, donde se cruzan las diferentes respuestas de acuerdo a la capacidad y la dimensión; posteriormente los datos fueron

examinados, categorizados y analizados mediante la triangulación entre los datos primarios obtenidos a través de las entrevistas, los datos secundarios de archivos y documentos suministrados por ambas instituciones y la teoría establecida de las capacidades de innovación y la madurez entre ellas; esto, aumentó la fiabilidad de los resultados, no se usó software de análisis textual como el Atlas TI, pues el volumen de información no era tan alto y se podía hacer “manualmente”.

En cuanto a la información secundaria, se tuvo información institucional como estructura organizacional, informe de gestión 2020, la página web, líneas de negocio, proveedores, clientes, plan estratégico, expectativas de los clientes, ambiente político, económico, fortalezas y debilidades de la empresa. Mientras el **paso 5** los constituye la construcción del presente reporte. Que además involucra las recomendaciones esperadas en el proyecto.

## Resultados

La Empresa. Pertenece al sector metalmecánico, tiene como líneas de negocio, la fabricación de hornos, servicios de ingeniería y contract manufacturing, y tiene como foco la innovación, potenciando el diseño de tecnología de alto rendimiento con soluciones ambientalmente responsables y costos competitivos, cuenta con una metodología de trabajo basada en pensar + hacer + mejorar + producir, la cual les ha permitido participar en proyectos disruptivos en la industria de fabricación, incluyendo la manufactura aditiva. El 100% de sus clientes son del exterior, entre los cuales es posible destacar clientes en Estados Unidos, Holanda, India, Perú, los proveedores de la empresa del sector en un 70% son extranjeros de países como Francia, India, Alemania y Estados Unidos, el 30% restante son proveedores nacionales.

En el plan estratégico de la organización se destaca la expansión de la línea de negocio en tratamientos térmicos a través de la consecución de nuevos representantes comerciales en Europa y Asia y consolidación de la red de representantes existentes en los Estados Unidos, también el crecimiento de la línea de negocio de contract manufacturing y servicios de ingeniería, y por último la consolidación de la estructura organizacional para soportar el crecimiento acelerado.

El CTMA. Es una institución pública de formación para el trabajo fundada hace 60 años, es uno de los 118 centros de formación que en la actualidad se dedican a la formación para el trabajo en las 33 regionales en Colombia, el CTMA se encuentra ubicado en el complejo norte de la ciudad de Medellín en las cuales se ofrecen programas técnicos, tecnológicos y cursos cortos de extensión en las áreas de electricidad, automatización, TIC y electrónica, automotriz y manufactura, el Centro en su estructura organizacional se encuentra conformado por un comité técnico y mesas sectoriales que apoyan la subdirección del mismo, en la toma de acciones frente a los programas necesarios para las empresas, cuenta con las coordinaciones administrativa, académica y de formación profesional. También cuenta con el grupo de investigación en automatización, comunicaciones industriales, pedagogía y energías alternativas (GACIPE) desde el 2010, éste se encuentra organizado con el líder SENNOVA encargado de la articulación de los proyectos en las convocatorias nacionales y los semilleros de investigación.

Revisión de fuentes primarias a partir de la evaluación de capacidades en la empresa y el CTMA.

Esta valoración se construye con una asignación de puntuaciones de acuerdo a los descriptores de la escala de madurez, de uno (1) a cinco (5), que establecen el estado de cada una de las capacidades del instrumento de Jeston y Neils (2008) y la herramienta desarrollada por Robledo et al. (2010), tal como se señaló en el diseño del caso, donde las puntuaciones indican una valoración sobre cuán madura es la capacidad. Los resultados suelen representarse gráficamente y en una escala de 1 a 5 y se acompañan de una interpretación de ellos de acuerdo con la información suministrada tanto por la empresa del sector como del CTMA y la verificación de evidencias tal como lo sugiere el mismo instrumento y conducción de las entrevistas. Se precisa además que no todas las dimensiones fueron valoradas para todas las capacidades. A continuación, se presentan los principales hallazgos.

Capacidad de Direccionamiento Estratégico. De acuerdo a los resultados obtenidos para la capacidad de direccionamiento estratégico las dimensiones organización informal y personal logran obtener una valoración de (2) “Repetible”, indicando que se encuentran en un estado de madurez “Repetible” donde se puede observar un comienzo en la acumulación de capacidades, pues han realizado trabajos AMM para empresas fuera de Colombia y están familiarizados con el uso de esta tecnología habilitadora de la 4RI. También se encuentran en un reconocimiento de la AMM el posible impacto en la empresa y del sector de la manufactura en Antioquia, que es uno de los sectores con más crecimiento a nivel nacional.

En el análisis de las dimensiones de “Tecnología”, “Organización Formal” y “Estrategia y resultados”, las cuales se encuentran en un estado (2) “Repetible”, donde se puede observar que la empresa comienza a realizar prototipos con tecnología de AMM, comienza a tener acumulación de la capacidad, que promueven prácticas con involucramiento mínimo de la gestión de este proceso y del personal en la tecnología. A nivel de organización formal no cuentan con cargos asociados a la tecnología, no se visualiza en el organigrama de la organización. En la dimensión de estrategia y resultados se observa que la empresa cuenta con un alcance limitado, sin resultados medibles y poca o nula involucración de los empleados en la AMM.

En el caso del CTMA el estado en que se encuentra la capacidad de direccionamiento estratégico de acuerdo con la medición en la escala de madurez indica que las cinco dimensiones valoradas obtuvieron una valoración entre uno (1) “inicial”, teniendo presente que la dimensión tecnológica se encuentra realizando acciones para estar en una clasificación (2) “Repetible”, pero aún no cuenta con una definición estratégica de la AMM. Tampoco tiene un procedimiento específico, ni se cuenta con una estrategia institucional. El Centro ha desarrollado iniciativas a nivel interno como semillero de investigación MAMNCO, el cual pertenece al grupo de investigación GACIPE, se encuentra realizando prototipos en compañía de la Universidad Escuela de Ingeniería de Antioquia, seminarios, conversatorios y realizando acercamientos con empresas de México sobre la AMM, pero en general el proceso es muy incipiente.

Capacidad de I+D. En la capacidad de I+D los resultados son muy contundentes, se puede destacar que la dimensión Tecnología se encuentra en un estado (2) “Repetible” en el cual se da por la generación de ideas, y la gestión de proyectos con tecnología avanzada que permiten potenciar la ca-

pacidad. Se han realizado trabajos de AMM para empresas del exterior, y comienza el reconocimiento y aprendizaje de la tecnología. Para el análisis de esta capacidad las dimensiones estrategia y resultados, organización formal y personal se encuentran en un estado (1) “Inicial”, donde se evidencia que la organización cuenta con un alcance limitado de las iniciativas sobre AMM, poco involucramiento del personal en el proceso se trabaja en los proyectos sobre la marcha y la idea principal es conseguir clientes del exterior.

Por parte del CTMA En la capacidad de I+D, las dimensiones evaluadas se encuentran en un nivel de madurez entre un estado inicial uno (1) “Inicial”, mostrando como más allá de las primeras experiencias con relación a la AMM con prototipos, ya hay instructores que se inclinan hacia prácticas que promueven la manufactura aditiva con una perspectiva más o menos clara del proceso y de su documentación.

Capacidad de Gestión de Recursos. En esta capacidad, la empresa del sector, cuenta con personal cualificado para los diferentes procesos y manejo de las herramientas tecnológicas de los trabajos en AMM, en esta capacidad solo se tuvo presente la dimensión de tecnología por lo que se busca es identificar, analizar la asignación de recursos de la empresa en tecnologías correspondientes a equipos de AMM, software de diseño, innovación de procesos, y metodologías de trabajo que permitan tener una visión de la planeación de presupuesto disponible para dicha tecnología, la empresa solo cuenta con software de SolidWorks que permite realizar los diseños en 3D y planos en 2D, después del análisis se encontró que la capacidad se encuentra en un nivel de madurez (1) “Inicial”, lo que muestra que es un proceso incipiente en el cual todavía no se fomentan claramente estrategias a la AMM, esto se debe que la organización todavía no identifica muy claramente el impacto en el sector de la manufactura, tampoco se encuentra bien desarrollado o aceptado para lo cual la empresa tenga una necesidad urgente de ingresar en el mercado y realizar productos para la industria.

Para el CTMA, la evaluación de esta capacidad demuestra que se realizan acciones para la asignación de los recursos necesarios para AMM, por medio de la convocatoria de proyectos a SENNOVA, pero estos se encuentran desarticulados y sin una designación apropiada. Las acciones anteriormente mencionadas no tienen un esquema y líneas marcadas, que pudieran apuntar a mejorar la implementación de la AMM en el CTMA, no se tiene establecido de qué manera se gestiona los recursos y cómo hacerlos llegar, por lo anterior se encuentra en un estado de madurez (1) “Inicial”.

Capacidad de Relacionamiento. De acuerdo a los resultados obtenidos, las dimensiones “estrategia y resultados” y “tecnología” se encuentra en un nivel (2) “Repetible”, donde la organización se encuentra realizando prototipos para empresas que trabajan con AMM en Estados Unidos, Holanda, India, Perú, lo que les permite tener conocimiento sobre la tecnología, la compañía identifica claramente la competencia directa de compañías Alemanas (RUBIG GMBH, PLATEG GMBH) y en Austria (ELTROPULS GMBH), también tiene nuevos entrantes una compañía Rumana de equipos de bajo costo, no es competencia directa porque apunta a otro segmento del mercado pero puede llegar a ser competencia en el futuro (IONITECH).

Las industrias en Colombia en la actualidad se encuentran realizando estudios empíricos, alianzas, simposios, semilleros de investigación, cuenta con Hubs de innovación, relacionados con la AMM,

revisando las limitaciones y oportunidades de la tecnología, la aplicación de esta en el mercado, con la economía digital, y con el apoyo de la sede del WEF de la 4 revolución industrial ubicada en Ruta N.

El CTMA todas las dimensiones de capacidad de relacionamiento obtuvieron una valoración de 2, lo que la ubica en un estado de madurez (2) “Repetible”, en el que se evidencia la existencia de estrategias y lineamientos para buscar relacionarse con otros centros, universidades de manera formal, no hay un proceso definido, algunas personas de la organización comienzan a ver la importancia de estructurarlo y de promover algunas prácticas que favorecen la AMM.

Capacidad de Producción. De las tres dimensiones evaluadas en la capacidad de producción dos de ellas, “dimensión personal” y “dimensión organización formal” se ubicaron en un nivel de madurez de (2) “Repetible” de acuerdo a las evidencias encontradas en el desarrollo de la entrevista, lo que demuestra que la empresa cuenta con personal preparado y con una estructura jerárquica que permite tener un procedimiento definido para el mejoramiento continuo de los procesos y aprender de los prototipos de AMM, en la dimensión “ estrategia y resultados” el análisis dio como resultado que el nivel de madurez es (1) “ Inicial”, la empresa no tiene definido estrategias de producción de la tecnología y tampoco ve en el corto plazo contemplarla dentro de sus procesos como determinante de éxito. El CTMA es una institución pública de formación para el trabajo por lo cual no se evaluó la capacidad de producción.

## Discusión

Por la naturaleza de este proyecto, más que una discusión de los resultados se presenta una propuesta de plan de acción con la consolidación de las capacidades evaluadas del CTMA, de allí las actividades para la adopción por parte del Centro. Se sugiere iniciar con la sensibilización y compromiso por parte de Directivos del Centro, para materializar e institucionalizar las iniciativas actuales. Como se puede observar y Anexo 1 elaborado a partir de la propuesta de Scott et al. (2014) se elabora un plan de acción general, se enmarca dentro de las principales acciones que surgen a partir de este trabajo y de acuerdo a los resultados obtenidos con relación a las evidencias encontradas, constituyéndose en el punto de partida para fortalecer el proceso de gestión de la innovación del Centro frente a la AMM.

## Estado deseado

El Centro deberá pasar a un estado de madurez (4) “Gestionado”, el cual busca tener mayor impulso en la búsqueda hacia el desarrollo de la capacidad, además de realizarlo de una manera consciente aumentando el número de personas que miran al CTMA desde una perspectiva hacia la AMM. También debe realizar una combinación de diferentes métodos y herramientas para la construcción y consolidación de planteamientos estratégicos frente a la tecnología.

En un estado de madurez “Gestionado”, permitirá llevar acciones que mejoren sustancialmente las capacidades de organización formal y la capacidad de tecnología, donde se evidencien actitudes e intenciones de promover programas de formación, acordes a los retos de la 4RI y la vocación de ser-

vicio del país.

Un nivel de madurez cuatro (4) “Gestionado”, lograra tener la capacidad para identificar, adquirir y asignar apropiadamente los recursos necesarios para la implementación de actividades y programas de formación acordes a la 4RI.

### Conclusiones

Los aportes obtenidos en el proceso de la empresa del sector y del CTMA y de revisión teórica del centro permitieron lograr la consolidación de una propuesta para el CTMA, de acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación de las capacidades, pues contrastar la teoría con los resultados permite entregar un plan de acción específico y adaptado al centro de formación.

Evaluar las capacidades de innovación con la metodología propuesta por el CIDET, adaptada al sector de manufactura, permitió entregar al CTMA un panorama general y una propuesta más allá del fortalecimiento de las capacidades, ya que se logra identificar que el vínculo esencial entre capacidades del Centro y la experiencia de la empresa del sector reflejo los puntos críticos a que se enfrenta el SENA y que es allí donde se deben centrar los esfuerzos de innovación en AMM.

El trabajo logra integrar holísticamente los resultados obtenidos en la valoración de las capacidades con una proyección de la empresa del sector y el CTMA, hacia la incorporación en el CTMA en AMM y ello permite entregar finalmente la propuesta para el centro en programas de formación acordes a la vocación del sector.

Con la implementación de la metodología se identificó que el CTMA debe realizar acciones para incorporar la AMM dentro de un proceso formal dentro del direccionamiento estratégico de este, para lo cual es necesario que se identifique la importancia de ello y que algunas de las capacidades valoradas sean fortalecidas mediante la organización del proceso.

Con la empresa del sector y CTMA se desprenden de los resultados obtenidos, muestran que a pesar de que en la ciudad se habla de innovación en AMM, todavía es necesario apropiar el tema específicamente en el sector de manufactura, buscando articular la teoría a la práctica consciente, por lo cual es necesario interiorizar el concepto de AMM, que pueda ser evidenciable en las prácticas del día a día.

El desarrollo del proyecto evidencia la necesidad de desarrollar otras competencias y métodos de trabajo, que no son solo el conocimiento técnico específico, sino también la experiencia empresarial previa, la convicción, el estudio de los temas en AMM, y plantear una metodología de trabajo independiente para dar cumplimiento al desarrollo de esta.

## Recomendaciones

Posterior al análisis detallado de las fuentes primarias y secundarias evaluadas en este proyecto, se pudo determinar que las iniciativas de innovación en AMM del Centro, se encuentran en un estado de “poca definición” y no existe una estructura formal por lo que el CTMA debe consolidar el proceso de AMM en la estructura organizacional que permita contar con instructores, aprendices, recursos y tecnología a la vanguardia de los retos que trae la 4RI, el Centro está llamado hacer un centro de excelencia en tecnologías de manufactura avanzada, por lo anterior se deben realizar esfuerzos que permitan consolidar al centro como líder en la tecnología disruptiva, permitiendo comenzar a generar cultura, conocimiento y experiencia.

Se deben seguir fortaleciendo las capacidades de innovación referentes la AMM, para lo cual es importante seguir con las iniciativas de proyectos y prototipos que se están generando en la cadena de manufactura, que permitan seguir con el aprendizaje de la tecnología y el conocimiento por parte de instructores y aprendices del centro.

También es de vital importancia formalizar los acuerdos nacionales e internacionales con empresas del sector de la manufactura que estén comenzando a realizar iniciativas frente a la tecnología, que permitan contar con un ecosistema en la materia y poder comenzar a construir redes de conocimiento en el sector y en el país.

Es necesario continuar con la vigilancia tecnológica y estudio de previos para la adquisición de maquinaria de última tecnología dentro del CTMA, que permita no solo la participación en los sectores productivos de la región, sino que fortalezca los procesos formativos de los aprendices asociados a sus programas técnicos y tecnológicos por medio de actividades investigativas en asocio con la industria y la academia.

Dentro de las tecnologías asociadas a la AMM, que quieren ser adoptadas dentro del centro como herramienta para el fortalecimiento de sus programas y la prospectiva en este campo, la tecnología más apropiada para ser adquirida que permita, tanto formación, investigación y servicios tecnológicos es la Fusión por Cama de Polvos.

Se deben de realizar análisis de mercado con las empresas y representantes de maquinaria para la tecnología de fusión por cama de polvos, para determinar la mejor opción técnica para la adquisición de esta tecnología por parte del CTMA.

Con la identificación de los potenciales cliente y socios que podría tener el CTMA con la adquisición de una impresora con metales por Fusión por Cama de Polvos, se evidencia una gran aplicabilidad en la región en sectores como el aeronáutico, médico y automotriz con cooperaciones entre industria y academia.

**ANEXO 1. PLAN DE ACCIÓN GENERAL\***

Brechas Encontradas	Objetivo	Acciones	Responsable	Resultado
Bajo desarrollo de la capacidad de direccionamiento estratégico en AMM	Definir dentro de la estructura organización roles y presupuesto pertinentes para las actividades de AMM	Para mayor desarrollo de la capacidad de direccionamiento estratégico, es necesario que desde el orden Central se concreten lineamientos, y políticas públicas definidas para el desarrollo de esta capacidad buscando tener una línea de acción y una documentación que le permita comenzar a liderar procesos de AMM a nivel local de centros y a nivel nacional.	Coordinación Académica Manufactura.	Grupo definido con roles, presupuesto y responsabilidades.
Poca interacción con otros actores Nacionales o Internacionales en programas y formación de instructores de AMM		Por otra parte, el CTMA, como centro de formación para el trabajo debe comenzar a realizar intercambios con referentes a nivel internacional que le permitan ser líderes en programas de formación y capacitación de instructores acordes a las necesidades de la 4RI.	Coordinación Académica, Líder SENNOVA y Líder Semillero MAMNCO Líder Formación Profesional Integral	Vigilancia Tecnológica AM. Programas con lineamientos, políticas y demás elementos que permitan estandarizar la forma en que el CTMA emprende los proyectos de AMM.
Baja inversión del presupuesto anual dedicado a proyectos de I+D en AMM	Implementar la política de designación y consecución de recursos para iniciativas de AMM.	Es importante que el SENA asigne un porcentaje del presupuesto anual dedicado a proyectos de I+D, de allí también es importante destinar un porcentaje del presupuesto anual dedicado a proyectos que generen impacto para la formación de los aprendices, la compra de equipos de software que permitan comenzar a liderar por parte del CTMA, programas e iniciativas en AMM.	Sub-director CTMA Líder SENNOVA CTMA. Coordinador Académico Manufactura.	Políticas definidas dentro del plan de acción del CTMA. Presupuesto construido con rubros especificados para proyectos de AMM. Rol definido con responsabilidades.
Incipientes estrategias y lineamientos claros para relacionarse con otros Centros, Universidades y poca divulgación y promoción al interior del CTMA el uso de los acuerdos.	Fortalecer las relaciones con la EIA, Facultad de Minas, SENA I Brasil y CIDESI México, relación con Centros, Universidades públicas y Privadas nacional e internacional	Se recomienda implementar estrategias y lineamientos claros para relacionarse con otros Centros, Universidades, que permita desarrollar proyectos de I+D en conjunto, adicional a divulgar y promover al interior del CTMA el uso de los acuerdos actuales. Se recomienda establecer y realizar formalmente las alianzas con el SENAI de Brasil, EIA y el CIDESI de México. Tener una agenda de eventos de AMM y definir la participación en los mismos.	Líder SENNOVA CTMA. Líder Semillero de Investigación MAMNCO. Instructores del CTMA. Sub-director del Centro. Director Regional SENA Antioquia	Listado de Centros, Instituciones, Universidades y clasificadas por áreas de interés de AMM y otras. Acuerdos establecidos y divulgados

\*Propositivo, no se acompaña la ejecución

Fuente: Elaboración propia a partir de (Scott, A., Duncan, D., & Pontus, 2014)

## Referencias

- Aghimien, D., Aigbavboa, C. & Matabane, K. (2021). Dynamic capabilities for construction organizations in the fourth industrial revolution era. *In International Journal of Construction Management*. <https://doi.org/10.1080/15623599.2021.1940745>
- Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99–120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- Bogers, M., Chesbrough, H., Heaton, S. & Teece, D. J. (2019). Strategic Management of Open Innovation: A Dynamic Capabilities Perspective. *California Management Review*, 62(1), 77–94. <https://doi.org/10.1177/0008125619885150>
- CIDESI. (2017). Programas de Investigación de Largo Aliento (PILA) “Capacidades CONMAD”. <https://www.youtube.com/watch?v=wnLq-vKYxa-c>
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). Bases Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Pacto Por Colombia, Pacto Por La Equidad, 258–284. <https://www.dnp.gov.co/DNPN/Paginas/Bases-del-Plan-Nacional-de-Desarrollo.aspx%0A>
- Fedesarrollo. (2020). Tendencia Económica. <http://dams.fedesarrollo.org.co/tendenciaeconomica/publicaciones/208/>
- Gartner Inc. (2018). Gartner Hype Cycle: 3D Printing Predictions for 2019. 3D Natives Your Source for 3D Printing. <https://www.3dnatives.com/en/gartner-hype-cycle-3dprintingpredictions-150120194/#!>
- Guan, J. & Ma, N. (2003). Innovative capability and export performance of Chinese firms. *Technovation*, 23(9), 737–747. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(02\)00013-5](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(02)00013-5)
- Helfat, C. E. & Peteraf, M. A. (2003). *The dynamic resource-based view: capability lifecycles*. 1010, 997–1010. <https://doi.org/10.1002/smj.332>
- Jeston, J., & Neils, J. (2008). Business Process Management: Practical Guidelines to Successful Implementations., *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 68(1), 1–12.
- Kubr, M. (2000). *La consultoría de empresas*. Limusa.
- López, J. E. N., Martínez, P. A. & Riveros, P. H. (2004). La diversificación desde la Teoría de Recursos y Capacidades. *Cuadernos de estudios empresariales*, (14), 87-104.
- Mordor Intelligence. (2021). Additive Manufacturing and Materials Market - Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2021 - 2026). *In Mordor Intelligence*.
- Penrose, E. T. (1959). The Theory of the Growth of the Firm. *Jhon Wiley*, 23180, 17–18.
- Robledo, J., López, C., Zapata, W. & Pérez, J. D. (2010). Desarrollo de una metodología de evaluación de capacidades de innovación. *Perfil de Coyuntura Económica*, 15(15), 133–148.
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*.
- Scott, A., Duncan, D. & Pontus, M. A. S. (2014). Build an Innovation Engine in 90 Days. Harvard Business Review. [https://www.innosight.com/wp-content/uploads/2014/12/Innosight\\_HBR\\_Build-an-Innovation-Engine-in-90-Days.pdf](https://www.innosight.com/wp-content/uploads/2014/12/Innosight_HBR_Build-an-Innovation-Engine-in-90-Days.pdf)
- SENA-CTMA. (2020). *Identificación y evaluación técnica para la selección y adquisición de un equi-*

*po de Manufactura Aditiva con Metales en el Centro de Tecnología de la Manufactura Avanzada Regional Antioquia.*

Servicio Nacional de Aprendizaje. (2019). *Plan Estratégico Institucional 2019-2022.*

Sher, P. J. & Yang, P. Y. (2005). The effects of innovative capabilities and R&D clustering on firm performance: the evidence of Taiwan's semiconductor industry. *Technovation*, 25(1), 33–43. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(03\)00068-3](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(03)00068-3)

Teece, D. J., Pisano, G. & Shuen, A. (2008). Dynamic capabilities and strategic management. World Scientific. *Technological Know-How, Organizational Capabilities, and Strategic Management*. 27-52.

Wang, C., Lu, I. & Chen, C. (2008). Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty. *Technovation*, 28(6), 349–363. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2007.10.007>

Wernerfelt, B. (1984). A resource based view of the firm. *Strategic management journal*, 5(2), 171-180.

World Economic Forum (2017). Annual Meeting. Responsive and Responsible Leadership. [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_AM17\\_Report.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_AM17_Report.pdf)

Yam, R. C. M., Guan, J. C., Pun, K. F. & Tang, E. P. Y. (2004). An audit of technological innovation capabilities in chinese firms: some empirical findings in Beijing, China. *Research Policy*, 33(8), 1123–1140. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.05.004>

Yin, R. (2006). *Case Study Reserach - Design and Methods*. Sage.