



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

Autor

Wilber Armel Cortéz Gómez

Universidad de Antioquia

Facultad de Ciencias Económicas

Maestría en Gestión de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Medellín, Antioquia, Colombia

2021

**Evaluación de capacidades de innovación para la implementación de la Manufactura
Aditiva con Metales – AMM en un Centro de Productividad de la ciudad de Medellín.
Un Estudio de Caso.**

Wilber Armel Cortéz Gómez

Trabajo de Grado para obtener el título de:
Magister en Gestión de Ciencia, Tecnología e Innovación

Asesora:

Cristina López González

Facultad de Ciencias Económicas

Medellín, Antioquia, Colombia

2021

Cita	(Cortéz, 2021)
Referencia	Cortéz, W.A. (2021). <i>Evaluación de capacidades de innovación para la implementación de la Manufactura Aditiva con Metales - AMM en un Centro de Productividad. Un Estudio de Caso</i> [Tesis de maestría]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Maestría en Gestión de Ciencia, Tecnología e Innovación, Cohorte XI.



Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano: Sergio Iván Restrepo Ochoa.

Jefe departamento: Luis Bernardo Ballesteros Díaz.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A mi madre, padre, hermano y también a José Bareño Silva, por el apoyo incondicional en la búsqueda del conocimiento.

Agradecimientos

A la profesora Cristina López González por la orientación y acompañamiento incondicional durante todo el proceso.

Al Centro de Tecnología de la Manufactura Avanzada del barrio pedregal por la colaboración y apoyo en el proceso de la consultoría, en especial al Líder SENNOVA Jaime Albeiro Jaramillo y al Coordinador Académico Juan Carlos Quevedo Villa que en paz descanse.

Tabla de Contenidos

Contenido

Resumen	10
Introducción.....	11
1. Planteamiento del problema	12
2. Justificación.....	15
3. Objetivos	17
3.1. Objetivo General.....	17
3.2. Objetivos Específicos.....	17
4. Marco conceptual, teórico y contextual.....	18
4.2. Industria 4.0 4RI y Manufactura Aditiva con Metales AMM.....	23
4.3. La AMM en Colombia y el Rol del SENA.....	24
5. Metodología de la Consultoría.....	28
5.2.1. Diseño del estudio de caso - Paso 1.....	31
5.2.2. Preparación para la recolección de datos - Paso 2.....	34
5.2.3. Recolección de información - Paso 3.....	37
6. Diagnóstico- Paso 4.....	38
6.1 Revisión de fuentes secundarias	38
6.2 Revisión de fuentes primarias a partir de la evaluación de capacidades en la empresa y el CTMA	40
7. Plan de Acción y Reporte Final - Paso 5.....	49
8. Recomendaciones y Conclusiones	53
8.1. Conclusiones	53
8.2. Recomendaciones	54
8.3. Trabajo Futuro	55
Referencias.....	56

Índice de Anexos

<i>Anexo 1. Instrumentos de Capacidades de innovación CIDET.....</i>	<i>59</i>
<i>Anexo 2. Cuestionario guía para entrevistas.....</i>	<i>60</i>
<i>Anexo 3. Carta de recepción a satisfacción de los resultados de la consultoría.....</i>	<i>64</i>

Índice de Tablas

<i>Tabla 1 El problema de la consultoría.....</i>	14
<i>Tabla 2 Objetivos propuestos acordes al estudio de caso.....</i>	29
<i>Tabla 3 Fuentes de información.....</i>	35
<i>Tabla 4 Plan de acción general.....</i>	51

Índice de Figuras

<i>Figura 1</i> Crecimiento Manufactura Aditiva con Metales.....	16
<i>Figura 2</i> Capacidades de Innovación Tecnológica (CIT) y desempeño Empresarial.....	23
<i>Figura 3</i> Diseño estudio de caso.....	30
<i>Figura 4</i> Nivel de madurez de las dimensiones de la capacidad de direccionamiento estratégico.....	43
<i>Figura 5</i> Nivel de madurez de las dimensiones de la capacidad de I+D.....	44
<i>Figura 6</i> Nivel de madurez de las dimensiones de la capacidad de Gestión de Recursos.....	46
<i>Figura 7</i> Nivel de madurez de las dimensiones de la Capacidad de Relacionamiento.....	47
<i>Figura 8</i> Nivel de madurez de las dimensiones de la Capacidad de Producción.....	48

Siglas, Acrónimos y Abreviaturas

AM: Additive Manufacturing

AMM: Additive Manufacturing of Metals

CIT: Capacidades de Innovación Tecnológica.

CIDET: Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico.

CTMA: Centro de Tecnología de la Manufactura Avanzada

GACIPE: Grupo de investigación en automatización, comunicaciones industriales, pedagogía y energías alternativas

SENA: Servicio Nacional de Aprendizaje

SENNOVA: Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Investigación.

TIC: Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

4RI: Cuarta Revolución Industrial

Resumen

Colombia se enfrenta a un cambio tecnológico, económico, ambiental y cultural, tanto a nivel local como global, frente a la implementación de la Cuarta Revolución Industrial - 4RI, por tanto, desde el Gobierno Nacional y el Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA Institución de Formación para el Trabajo, se están realizando grandes esfuerzos en la incorporación de las tecnologías habilitadoras que permitan al país estar preparado para los grandes desafíos en un mundo cada vez más digital e interconectado. Por eso, este trabajo parte de la necesidad de 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 la misma, 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 un jugador estratégico en el sector de manufactura, además, no se cuenta con una estructura formal de AMM, planeación estratégica, procedimientos y responsables que permitan canalizar la información y las demandas de la industria para poder así contribuir a los objetivos de desarrollo económico.

Palabras clave: manufactura avanzada, manufactura aditiva con metales, cuarta revolución industrial, estudio de caso, capacidades de innovación.

Introducción

El presente trabajo está motivado por la necesidad del Centro de Tecnología de la Manufactura Avanzada de conocer el impacto de las tecnologías habilitadoras de la Cuarta Revolución industrial, para este caso de estudio se realizó una consultoría del estado de la Manufactura Aditiva con Metales y un caso de éxito empresarial, al ser ganador del concurso para fabricar piezas de hornos de sinterización al vacío con la empresa DESKTOP METAL que revoluciono la industria de la fabricación aditiva y el impacto de la tecnología en los sectores productivos.

El caso de estudio se basó en el método propuesto por (Yin, 1994), partiendo de un análisis de la información suministrada vía entrevistas, tanto por personal de la empresa como del CTMA, y realizando una revisión de información secundaria de planeación estratégica, políticas, entre otras.

Para la valoración de la información se usó la escala del nivel de madurez propuesta por (Jeston & Neils, 2008) y a partir de la herramienta desarrollara (Robledo et al., 2010)

Para ello, esta consultoría tiene como propósito evaluar las capacidades del proceso de la Manufactura Aditiva con Metales o **AMM** del Centro de Manufactura Avanzada - **CTMA** y de una empresa del sector de la industria, que se analizan de manera independiente. Esto con el fin de dar una visión estratégica para la implementación de un plan de acción que permita al centro generar acciones y una cultura hacia la incorporación de esta tecnología.

1. Planteamiento del problema

Colombia, un país en vía de desarrollo económico 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, pues según los expertos “Se perderán varios millones de empleos a nivel mundial y se generarán otros con unas nuevas habilidades necesarias para la era de las maquinas, que tendrá grandes mega tendencias en tres áreas; físicas, digital y bilógica” (Schwab, 2016, p. 19).

Por lo 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 y la formación para el trabajo necesarias para poder seguir generando valor y habilidades necesarios para un mundo cada vez 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 es dar una formación acorde a la vocación productiva de los departamentos de Colombia, la cual esta soportado en una de las estrategias transversales. Así mismo, se modificará 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 e 4RI “lo cual incluye analítica de datos, Internet de las cosas, registros distribuidos, inteligencia artificial, aprendizaje de máquinas, impresión3D, realidad virtual y realidad aumentada, entre otros” (Departamento Nacional de Planeación, 2018, p. 145) .

La Impresión 3D (Manufactura Aditiva) 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 siguiente caso de estudio se trabajara con Impresión 3D con metales o la Manufactura Aditiva con Metales o **AMM** por sus siglas en inglés

Additive manufacturing of metals, la cual tiene gran impacto y es una parte esencial de la cadena de suministros para fabricar piezas, repuestos, disminución de stocks, tiempos de espera, en todos los sectores de la economía, comercial, militar, aviación, biomédico, entre otros.

A nivel local, departamental y nacional la Manufactura Aditiva o la *Additive Manufacturing* AM por sus siglas en inglés 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, que 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) (CIDESI, 2017). Entre los objetivos, está la consolidación del liderazgo de México en esta área, ya que se estima que, en los próximos años, 40% de los productos para los sectores aeronáutico y automotriz se fabricarán a través de la AMM y plásticos. (CIDESI, 2017). En síntesis, esta consultoría se enfrenta a la situación problemática que resume en la Tabla 1.

Tabla 1.*El problema de la consultoría*

Problema*	Posibles Causas	Efectos	Solución propuesta
La impresión 3D con metales o la AMM es uno de los habilitadores de la 4RI que impactara los diferentes sectores económicos y en la actualidad la evaluación de capacidades de la tecnología es una oportunidad para desarrollar su implementación.	<ul style="list-style-type: none"> • La AMM es una tecnología muy costosa. • Las empresas no tienen estímulos financieros para adquirirla o desarrollarla. • Es una tecnología habilitadora que apenas se encuentra en crecimiento a nivel mundial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Retraso en la implementación de nuevas técnicas de manufactura. • Bajo valor agregado a los productos y servicios. • Baja competitividad de la industria Metalmecánica de Colombia. 	Analizar desde el CTMA aspectos críticos frente a la implementación de la AMM en la industria local que favorezcan la toma de decisiones en el SENA.
El trabajo de consultoría busca evaluar la de las capacidades frente al proceso de la AMM en el sector industrial, concretamente en el SENA y la industrial regional usuaria de la misma, para poder tener un marco general del estado de esta tecnología habilitadora, en los diferentes sectores productivos de la economía regional.			

*En este caso se puede hablar de una oportunidad

Fuente: Elaboración propia.

2. Justificación

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 desarrollo social, económico y tecnológico del país (Servicio Nacional de Aprendizaje, 2019), actualmente se desarrollan estrategias a nivel nacional y local que permite el fortalecimiento de habilidades acordes a la era de la cuarta revolución industrial, enfocándose en aquellas tecnologías habilitadoras más acordes al territorio colombiano. Particularmente, el CTMA del SENA Pedregal, ubicado en la ciudad de Medellín, es uno de los centros a nivel nacional con gran reconocimiento por los grandes avances tecnológicos que permiten seguir aportando a la construcción de una comunidad de personas con las habilidades pertinentes para la economía del país, en áreas como Automatización, Automotriz, Electricidad, Manufactura, Tic y Electrónica.

El SENA está presente en los nuevos retos que como sociedad existen, tanto a nivel tecnológico, económico, social y ambiental, por lo que el CTMA y en especial en la cadena de manufactura propone un estudio de caso de la (AMM) que en la actualidad se están fabricando desde joyas hasta piezas para la aviación, prótesis humanas o para la construcción de viviendas y otros sectores de la economía.

El ejercicio de AMM trae grandes desafíos para las empresas y demás actores de la economía dado el auge de la 4RI, y el creciente desarrollo de una economía más interconectada, con lo que se busca consolidar y fomentar una tecnología habilitadora que ayuda a mejorar los stocks de productos, la facilidad en el diseño y comercialización de productos, en una, competencia abierta y creciente.

La AMM es una de las tecnologías habilitadoras con gran impacto, la cual se encuentra en gran expansión en regiones como Asia, Estados Unidos y la Unión Europea que siguen apostando en 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, lo que permitirá realizar productos y servicios con alto valor agregado y generar nuevas formas de producción de manufactura y 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)

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Evaluar las capacidades para la implementación de la (AMM) del Centro de Manufactura Avanzada (CTMA) del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) en Pedregal Medellín, a través del análisis de un caso empresarial y del proceso de implementación en el mismo CTMA.

3.2. 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.
- ❖ Diseñar al CTMA del SENA un plan de acción para a la incorporación de AMM.

4. Marco Conceptual, Teórico y Contextual

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 Manufactura Aditiva con Metales (AMM), también se busca dar un contexto de la AMM en Colombia, y el Rol del SENA como Institución de Formación para el trabajo y el impacto de la tecnología.

En este numeral se da un contexto sobre la AMM y las capacidades innovación, planeamiento teórico principal en el desarrollo de esta consultoría, 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 venden 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, que pretende tener identificar aspectos clave para su implementación en un país como Colombia, que cuenta con una de las sedes de la cuarta revolución industrial ubicada en RutaN.

Por último, se estudia el rol del SENA y del CTMA de Medellín y el impacto de esta tecnología en la industria manufacturera en la ciudad, con lo cual se busca tener un diagnóstico y servir de insumo para las inversiones futuras en la compra o adquisición de la misma.

4.1. Capacidades de Innovación

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* de Edith Penrose (Penrose, 1959), y sustenta que : “demanda no es importante, quizás

menos importante que los recursos existentes de la empresa” (Penrose, 1959, p. 17). Lo que 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 el centro de los recursos y las capacidades de la organización, por ser estos valiosos, raros, imperfectamente imitables y no sustituibles. (Barney, 1991)

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). Las capacidades son las que ocasionan la creación, la evolución y la recombinación de otros recursos en nuevos recursos, por lo anterior para enfrentar los retos de estos tiempos y desde el argumento teórico de recursos y capacidades, los recursos son los generadores de capacidades que determinan la creación de otras capacidades organizativas. Las capacidades tanto técnicas como de gestión se encuentran basadas en recursos – información y conocimiento vinculadas con la capacidad de innovación (Riveros et al., 2004).

La Dirección estratégica de una empresa se entiende como la guía de ruta por la cual la empresa coloca todas sus apuestas para poder cumplir unos objetivos propuestos y tener una ventaja competitiva en el mercado, para ello es importante tener presente la teoría de los recursos y capacidades; los recursos de una organización entendidos como las fortalezas y debilidades de la empresa que interactúan en conjunto para desarrollar capacidades, entendiendo como recursos o activos físicos de una organización el stock de factores disponibles y controlables por la empresa para desarrollar una determinada estrategia competitiva (Cuervo, 1993; López, 1996) y se clasifican en financieros, físicos, humanos, tecnológicos y reputación; las capacidades por otro lado o competencias son un conjunto de conocimientos y habilidades e incluso tecnológicas, que surgen del aprendizaje colectivo de la organización, consecuencia de la combinación de recursos, la creación de rutinas organizativas que se desarrollan por intercambio de información con base en el capital humano de la empresa. La relación entre las capacidades y la estrategia han sido objeto de recientes análisis, que ven en los modelos de negocios de desarrollo tecnológico y en la propiedad industrial ese link entre las capacidades y la dirección estratégica (Bogers et al., 2019).

Desde la economía evolucionista y la visión de la empresa, basada en recursos y capacidades hay un grupo de factores que recogen las especificidades de las dinámicas de una organización el cual es trabajado bajo el concepto de “Capacidad”. Para este contexto el concepto juega un valor determinante para que la organización se adapte, integre y reconfigure habilidades organizacionales, recursos y competencias en un ambiente cambiante para el logro de sus objetivos misionales (Cuervo, 1993). Por lo que la relación entre capacidades y desempeño organizacional es planteada, así como una explicación estructural al comportamiento de las empresas.

Los autores clásicos del pensamiento económico y el pensamiento estratégico hacen importancia de aquellas capacidades organizacionales con las dinámicas de innovación tecnológica que, denominadas Capacidades de Innovación Tecnológica (CIT), 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 al nivel del país, sector y empresa (Riveros et al., 2004). Estudios recientes han incorporado la evolución de las capacidades dinámicas dada por Sensar (Sensing), Apropiación (Sazing) y transformación (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 de capacidades organizacionales asociadas a la innovación tecnológica, resaltando las que se relacionan a continuación.

Capacidad de I+D: Yam et al., (2004) definen esta capacidad como la habilidad de la firma para integrar la estrategia de I+D, la implementación de proyectos, la gestión de portafolios de proyectos y los gastos de I+D. Por su parte, Sher & Yang, (2005) definen la capacidad de I+D como la suma de dos componentes asociados a los insumos que tradicionalmente ha definido el Manual de Frascati (OCDE, 2002): la intensidad de I+D y el personal de I+D.

Capacidad de Gestión de Recursos: Yam et al., (2004) y Wang et al., (2008) se refieren a esta capacidad como a la habilidad de la firma para adquirir y asignar apropiadamente capital, experiencia y tecnología a los procesos de innovación.

Capacidad de Aprendizaje Organizacional: Yam et al., (2004) definen esta capacidad como la habilidad del establecimiento para identificar, asimilar y explotar el conocimiento proveniente del ambiente circundante. Desde otra óptica, DiBella et al (1996) la definen como la habilidad de mantener o mejorar el desempeño basado en la experiencia, haciendo referencia exclusivamente al learning-by-doing. Esta capacidad posibilita la adquisición de conocimiento implícito y explícito, el traspaso de conocimiento y el uso del conocimiento.

Capacidad de Planeación Estratégica: Yam et al., (2004) se refieren a esta capacidad como la habilidad de la firma para identificar las fortalezas y debilidades internas, las amenazas y oportunidades externas, formular planes de acuerdo a la misión y visión corporativa y ajustar los planes para su implementación. Guan & Ma, (2003) la definen como la capacidad de formular e implantar diferentes tipos de estrategias que se adapten a los cambios externos para sobresalir en los ambientes competitivos actuales.

Capacidad de Producción: Tanto Guan & Ma, (2003) como Yam et al., (2004) definen esta capacidad como la habilidad de la empresa para transformar los resultados de I+D en productos que satisfagan los requerimientos del mercado, integrando los requisitos del diseño y las limitaciones y posibilidades del sistema de manufactura disponible para la empresa.

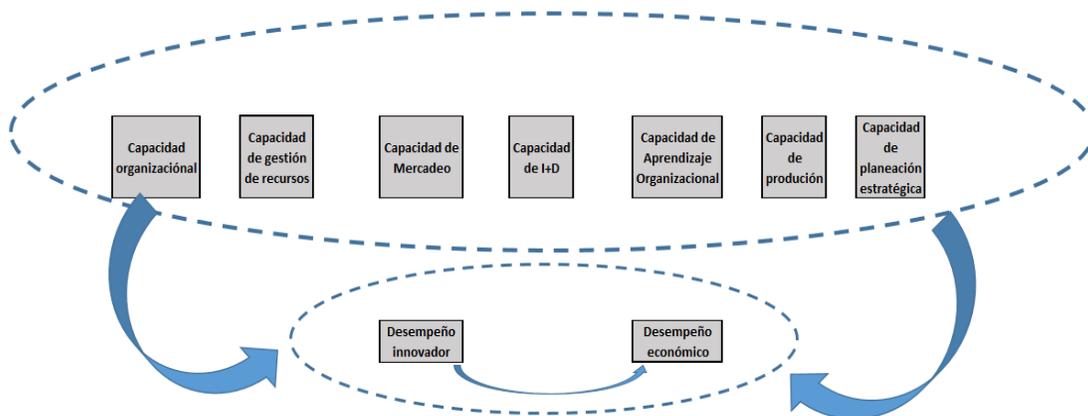
Capacidad de Mercadeo: Según Yam et al., (2004) y Guan & Ma, (2003), esta capacidad representa la habilidad de la firma para publicitar y vender productos de acuerdo a la comprensión de las necesidades del mercado tanto presentes como futuras, el ambiente competitivo, los costos y beneficios y la aceptación de la innovación.

Capacidad Organizacional: Yam et al., (2004) definen esta capacidad como la habilidad de la empresa para asegurar el mecanismo y la armonía organizacional, cultivando la cultura organizacional y adoptando buenas prácticas de gestión.

La acumulación de las siguientes capacidades presentadas son un medio para lograr ciertos objetivos empresariales, por lo que la relaciones entre CIT y el desempeño empresarial se presentan en la Figura 2.

Figura 2.

Capacidades de Innovación Tecnológica (CIT) y desempeño Empresarial



Fuente: (Robledo et al., 2010)

4.2. 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 productos y servicios, esto significa la interconexión de todos los subsistemas de la empresa para dar respuesta de una forma efectiva a los requerimientos del mercado de la 4RI, es un término con el cual las grandes compañías empiezan a competir buscando la automatización de los procesos de una forma que permite la

optimización y calidad en los diferentes sistemas productivos de las empresas tanto de productos como de servicios, la 4RI abarca un gran número de tecnologías habilitadoras que permiten 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 productos y prestación de nuevos servicios con un gran valor agregado y una ventaja competitiva frente a los países que no cuentan con recursos necesarios para poder 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 de las economías, las diferentes consultoras a nivel internacional la describen como la espina dorsal en la transformación de la producción industrial. (CIDESI, 2017)

4.3. 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 bandera la 4RI y la economía naranja para poder crear e impulsar la economía del país, para ello está realizando grandes alianzas estratégicas que permitan consolidar 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).

Actualmente, el sector público y privado se encuentran realizando esfuerzos en algunas de estas tecnologías, las cuales se pueden aprender, desarrollar y aplicar más fácil al contexto y los diferentes sectores económicos del País.

Dado el compromiso del gobierno nacional por ser un país que apunta a desarrollar su economía por la tecnología y los avances en varios departamentos y ciudades como Bogotá y Medellín, Colombia es uno de los centros para la cuarta revolución industrial del Foro Económico Mundial (WEF), ubicado en Ruta N, con lo que se están realizando alianzas

estratégicas nacionales e internaciones, que permitan aprender y desarrollo de las tecnologías adecuadas para los sectores de la economía de Colombia, esto con lleva un gran reto para crear un ecosistema tecnológico que permita la interacción de empresas públicas y privadas que desean aprender, crear y desarrollar nuevos productos y procesos que permitan ser más competitivos en un mundo cada vez más conectado, globalizado y automatizado.

Colombia por intermedio del SENA, ha realizado alianzas con empresas internacionales como Bosch en Alemania, y se encuentra realizando acercamientos a centros de formación para el trabajo , para el desarrollo de las nuevas habilidades en la era de las maquinas como el SINAI de Brasil, entre otras, estas actividades con el propósito de poder empezar con un ecosistema disruptivo que le permita al SENA generar ambientes, programas educativos y tecnologías acordes a un ecosistema donde evolucionan constantemente las máquinas, las plataformas y las multitudes, dando paso al aprovechamiento de un futuro digital.

Por intermedio del Director Nacional del SENA, los diferentes centros de educación SENA dela entidad 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 marcaran el camino de la ciudad de Medellín, el departamento de Antioquia y Colombia. (Departamento Nacional de Planeación, 2018)

La cadena de Sistemas de Manufactura se encuentra realizando estudios sobre el proceso de AMM, la cual consiste en una fusión por capas de polvo metálico que permite crear piezas metálicas complejas directamente de los datos CAD 3D en diversos metales.

Se denomina aditiva porque, generalmente, se fabrica cada estructura mediante una serie de finas capas metálicas sucesivas, la tecnología puede producir formas complejas que antes eran imposibles con los métodos tradicionales de fundición y mecanizado, o técnicas sustractivas. En la actualidad el uso de la manufactura aditiva (AM), se encuentra en los sectores, automovilístico, aeronáutico, metalmecánico, sanitario y bienes de consumo.

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 CONMAD 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 materializo el concepto de manufacturas avanzadas, entre estas la impresión 3D (Innpulsa, 2020).

Por lo anterior la AMM es una tecnología que según los estudios de la compañía la Consultora Gardner, en su curva del cuadrante mágico, se utiliza cada vez más en los sectores médico, manufacturero y metalmecánico, la cual se convierte en una importante cadena de suministros para el 2030, para fabricar piezas de repuesto para los mercados comercial, militar, automotriz y de ciertos consumidores (Gartner Inc., 2018).

El SENA cuenta con la Unidad de Prospectiva, Vigilancia e Inteligencia Organizacional, que es la encargada del desarrollo de capacidades y el liderazgo de los procesos de implementación del sistema de prospectiva, vigilancia e inteligencia organizacional como soporte a los procesos estratégicos de los centros de formación, la cual realiza estudios de prospectiva; prospectiva territorial, prospectiva sectorial, prospectiva tecnológica, prospectiva ocupacional, vigilancia e inteligencia organizacional.

5. Metodología de la Consultoría

5.1 Naturaleza del Proyecto

Este proyecto se abordó como una consultoría (Kubr, 1997) y con el uso de los métodos de investigación cualitativa, concretamente el propuesto por Yin, (2006), el estudio de caso. El autor afirma que los resultados permanecerán ciertos solo en este caso específico. De acuerdo con esta declaración y tomando como referente para la valoración de la información el instrumento de evaluación de capacidades de innovación, (Robledo et al., 2010), 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 como insumo el mismo instrumento y poder así proponer un plan de acción, respecto a su implementación en el contexto competitivo de la industria de AMM en la región.

Para dar cumplimiento a los objetivos propuestos, en la tabla 2 se detallan las acciones a realizar y también se ajusta a los pasos sugeridos en las consultorías como los son: **Fase I. Iniciación** donde se abordan los primeros contactos con el cliente, diagnosticando preliminar de

los problemas, la planificación del contenido; **Fase II. Diagnóstico.** en la cual se determinan el análisis de objetivo, análisis del problema, descubrimiento de los hechos, síntesis de los hechos y un informe de resultados al cliente, en el estudio de caso se relacionaron los pasos 1 y 2 en el Numeral 2, con la identificación del problema, Numeral 4, el marco conceptual, teórico y conceptual, y Numeral 5.2.1 en la definición del caso y diagnóstico, la **Fase III Planificación de Medidas.** busca la elaboración de soluciones, evaluación de opciones, propuestas al cliente y la planificación de las medidas, en la cual en este trabajo se aplica en el Numeral 6 de análisis y diagnóstico con la recolección primaria y secundaria de la información de la empresa del sector y el CTMA y luego, en las **Fase IV aplicación y Fase V,** se relaciona la aplicación y Terminación, con actividades como las propuestas, informes, planes de seguimiento, que para estudio de caso, se relaciones este informe y el Numeral 7 el plan de acción correspondiente.

Tabla 2

Objetivos Propuestos acordes al Estudio de Caso.

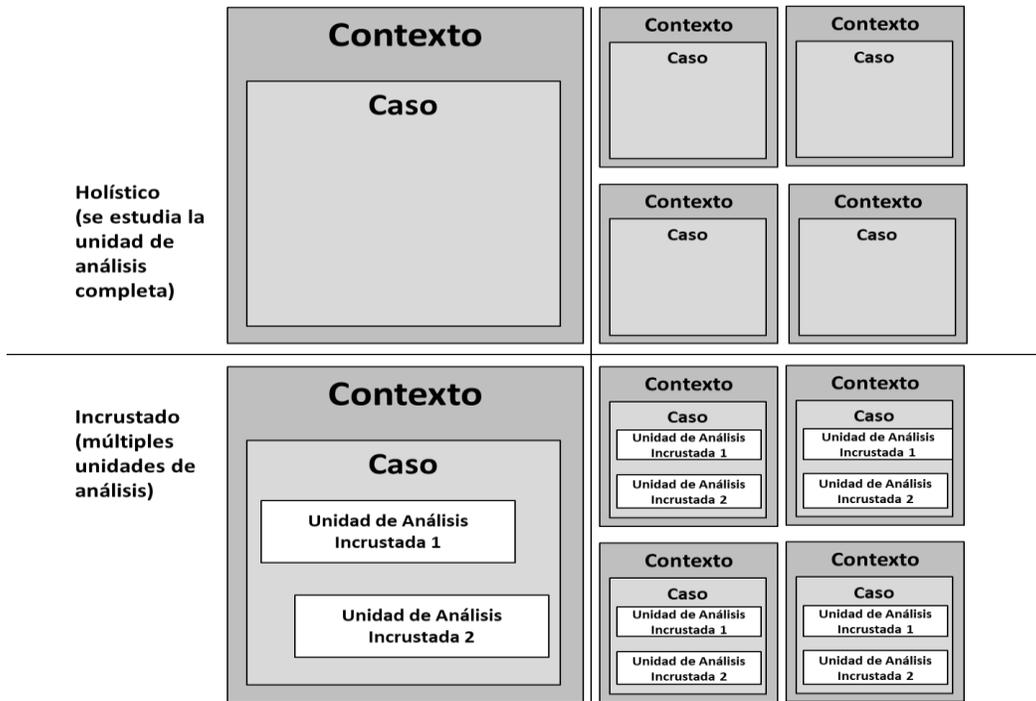
Objetivos del proyecto de Consultoría	Pasos del estudio de caso	Fases de la Consultoría
Objetivo 1: Explorar el contexto de la AMM en el entorno empresarial regional	Paso 1. Caso – Diseño Números (2; 4 y 5.2.1)	Fase I. Iniciación Números 2;4 y 5.2.1
Objetivo 2: Identificar las capacidades de AMM en la empresa seleccionada y en el CTMA.	Pasos 2 y 3 Caso - Preparación y Recolección Números (5.2.2, 5.2.3 y 5.2.4)	Fase II. Diagnóstico Números 5.2.2, 5.2.3 y 5.2.4
Objetivo 3: Detectar aspectos críticos del caso elegido y confrontarlo con las necesidades del CTMA.	Paso 4 Análisis Números (6)	Fase III. Planificación de Medidas Números 6.1 y 6.2
Objetivo 4: Diseñar al CTMA del SENA un plan de acción para la incorporación de AMM .	Paso 5. Reporte Numeral (7)	Fase IV Aplicación y V Terminación Numeral 7

Fuente: Elaboración Propia.

Cabe precisar además que existe la posibilidad de tener varios diseños para el estudio de caso de acuerdo a número y la complejidad como se ilustra en la figura 2. Para el caso de este proyecto se trata de un contexto, Colombia y su institución SENA con el centro CTMA y el caso de la empresa del sector industrial, como unidad de análisis y empresa seleccionada.

Figura 3.

Diseño estudio de caso



Fuente: Yin (2009, p 46)

5.2 Desarrollo Metodológico del proyecto.

Desde el CTMA se realizó un rastreo de las empresas de manufactura en Medellín que estén realizando esfuerzos para la implementación de la AMM en su proceso de producción, luego de la revisión de las empresas que en la actualidad se encuentran trabajando con AMM, se

pudo constatar que es una tecnología disruptiva que en la actualidad es muy costosa para las empresas colombianas, la empresa del sector es una empresa innovadora en Antioquia, dedicada al tratamiento térmico del sector metalmecánico, la cual empezó actividades desde el 2010.

La empresa del sector genera tecnología con valor agregado, potenciando el diseño de tecnología de alto rendimiento con soluciones ambientales responsables y costos competitivos, en el 2016 ganaron el concurso para fabricar piezas de los hornos de sinterización al vacío con los que DESKTOPMETAL revoluciono la industria de fabricación aditiva. Desde el 2018 combinaron capacidades con la empresa matriz, para integrar toda la cadena de producción y ofrecer servicios para la 4RI + IoT.

5.2.1. Diseño del estudio de caso - Paso 1.

- **Preguntas del Estudio**

El estudio de caso descriptivo de la empresa del sector, empresa líder en innovación en tecnologías disruptivas, la cual es un jugador importante del sector de la Manufactura en Colombia, se pretende realizar un primer acercamiento frente a las tecnología disruptivas de la Cuarta Revolución Industrial, principalmente la AMM, se quieren identificar las estrategias del sector frente a este habilitador que según (World Economic Forum [WEF],2018) afirma: “para el año 2030 será una de las grandes apuestas de la industria y los consumidores que facturara aproximadamente 9.2 billones de dólares”(p35). con este panorama presente el Centro de Tecnología de la Manufactura Avanzada 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 preguntas direccionadas al desarrollo e implementación de programas de formación para el trabajo, que permitan dar respuesta a las necesidades de los diferentes sectores en AMM en la región, por tanto, se planea:

- ¿Por qué es necesario conocer que tan maduro es el proceso de incorporación de la AMM en las empresas de la región?
- ¿Cuál es el estado de incorporación de la AMM en la empresa?
- ¿Qué estrategias se deben de implementar por el CTMA, para brindar programas de formación Técnico, Tecnólogos y complementarios en AMM?
- **Proposiciones del Caso.**
 - La evaluación de capacidades del proceso de la AMM en la empresa permite determinar cuan maduro es y el conocimiento e implementación de esta tecnología en la organización, que a futuro sirva como ventaja competitiva en el medio.
 - Las habilidades de la organización en AMM que contribuyen hacer más competitivas en el mercado objetivo con productos y servicios de alto valor agregado.
 - 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.
 - La información obtenida de la empresa y del CTMA serán insumos para establecer un plan de acción para el CTMA

- **Análisis de la unidad de estudio**

El caso de estudio de este proyecto es sobre una empresa del sector metalmeccánico en la región, empresa pionera en tecnologías habilitadoras de la 4RI, especialmente industrial metalmeccánica 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.

- **La relación lógica entre las preguntas y las proposiciones.**

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 al método sugerido por Jeston & Nelis (2008).

- **Los criterios para la interpretación de los resultados.**

Tal como se señaló, para el desarrollo de la consultoría se revisaron los documentos sobre nivel de madurez de (Jeston & Neils, 2008) y la herramienta desarrolla 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 instrumento 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.

5.2.2. Preparación para la Recolección de Datos - Paso 2.

La información necesaria para poder conducir el estudio de caso se realizó al 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 General de la empresa y en el caso del CMTA 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, tal como se describe en la Tabla 3.

Tabla 3.

Fuentes de información

Instrumento / Actividad	Fuente	Información
Información Primaria	Entrevista al Gerente de la organización y del Líder de SENNOVA del CTMA.	Identificación por medio de las preguntas guía del instrumento acerca de las acciones que se realizan para cada una de las capacidades y confrontar las respuestas con sus respectivas evidencias al momento de realizar la entrevista, al Gerente de la empresa del sector y el Líder SENNOVA del CTMA.
Información secundaria	Información institucional, la página web, informes de gestión, Organigrama, informe de previos, informe general proyecto manufactura aditiva y un informe general del centro de vigilancia tecnológica.	Insumos para confrontar información obtenida en las entrevistas y conocer con mayor precisión aspectos de gestión en las empresa y el CTMA..

Fuente: Elaboración propia.

- **Datos Primarios**

Las entrevistas semiestructuradas para la empresa y para el líder SENNOVA fueron realizadas con un guion de preguntas semiestructuradas, que se presenta en el anexo 1, el mismo tiene 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 del cuestionario de la entrevista está muy enfocado en conocer que se hace “prácticas que se llevan a cabo para la innovación en la tecnología Habilitadora AMM” y también sobre el cómo se hacen las cosas y los resultados obtenidos en la organización, que buscaban tener un contexto de la capacidad tanto en organización como en el CTMA frente 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,

El instrumento guía para la entrevista semiestructurada, se usa para diagnosticar la madurez de las diferentes capacidades de innovación tecnológica aplicadas en este caso a la AMM, en las capacidades de Direccionamiento Estratégico, Capacidad de I+D, Capacidad de Gestión de Recursos, Capacidad de Relacionamiento, y la Capacidad de Producción, en la cual se hacen preguntas al gerente general y el líder de SENNOVA del CTMA. del proceso de innovación de la organización con conocimientos sobre la planeación estratégica de la empresa, las proyecciones de la empresa, las inversiones y proyectos que la empresa tiene contemplado implementar en el corto, mediano y largo plazo.

- **Datos Secundarios.**

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 recolecto información de Plan estratégico Institucional (Servicio Nacional de Aprendizaje, 2019) proyectos estratégicos SENNOVA Antioquia, página web, Proyecto de Manufactura aditiva (SENA-CTMA, 2020), Informe previos escenarios 2030 e informes del CTMA para el 2021.

5.2.3. Recolección de información - Paso 3.

La empresa del sector y el líder de SENNOVA del CTMA, para el estudio de caso, donde se autorizó la aplicación de la entrevista y por medio de información suministrada por la misma área de los contactos telefónico y correo electrónico de las personas a entrevistar, se procedió a concertar las citas para la aplicar del Instrumento a cada una de las personas responsables de las áreas seleccionadas.

5.2.4. Análisis de datos.

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 las empresas y la teoría establecida de las capacidades de innovación y la madurez entre ellas; esto aumento 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 por la consultoría.

6. Diagnóstico- Paso 4

6.1 Revisión de fuentes secundarias

La Empresa

La empresa, del sector metalmeccánico es una organización que 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, cuentan 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.

En la empresa del sector el 100% de sus clientes son del exterior, entre los cuales es posible destacar clientes Estados Unidos, Holanda, India, Perú, los proveedores de la empresa del sector el 70% son extranjeros de países como Francia, India, Alemania y Estados Unidos, el 30% son proveedores nacionales.

En el plan estratégico de la organización se destaca la expansión de la línea de negocio de 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.

Las fortalezas de la organización son los conocimientos en tecnología de vacío, alta temperatura y materiales, combinando con la fortaleza de manufactura y automatización, adicionalmente la empresa del sector tiene la flexibilidad y el conocimiento técnico para

incrementar su capacidad instalada rápidamente y proveer servicios de manufactura y ensamble con alto componente de tecnología e ingeniería.

La empresa jerárquicamente se define de la siguiente forma, cuenta con Gerente General, 4 Divisiones, Administrativa y Financiera, Producción, Calidad, Ingeniería y Diseño y Automatización y Control, la estructura organización cuenta con los cargos claramente definidos, dado la confidencialidad con la empresa el organigrama no se presenta.

Después de consolidar ventas en Estados Unidos, India y Perú, la empresa del sector expande su capacidad de manufactura y comienza la fabricación de Hornos para la industria de la impresión 3D, con lo cual de tener una empresa de 15 empleados amplía a 65 el número de colaboradores en una planta de 2.000mm.

La empresa del sector fue ganadora del concurso para fabricar piezas de hornos de sinterización al vacío con los que la empresa DESKTOPMETAL revolucionó la industria de fabricación aditiva, desde el 2016 la empresa creó el servicio de Contract Manufacturing.

El CTMA

En 1960, se inició el Centro de Aprendizaje de Artes Metalmeccánicas, inaugurándose el 26 de agosto de 1961, con la asistencia del presidente de Colombia, Alberto Lleras Camargo. iniciaron especializaciones de máquinas y herramientas, ebanistería, electricidad instalador, mantenimiento mecánico, soldadura de soplete y reparador de automotores, posteriormente, recibió el nombre de Centro Metalmeccánico y en 2007, se le asignó el actual, Centro de Tecnología de la Manufactura Avanzada.

El Centro de Tecnología de la Manufactura Avanzada del barrio pedregal 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 organización se encuentra conformado por un comité técnico y mesas sectoriales que apoyan la subdirección del centro en la toma de acciones frente a los programas necesarios para las empresas, cuenta con la coordinación administrativa, coordinación académica y la coordinación de formación profesional.

El centro cuenta con el grupo de investigación en automatización, comunicaciones industriales, pedagogía y energías alternativas (GACIPE) desde el 2010, este se encuentra organizado con el Líder SENNOVA encargado de la articulación de los proyectos del centro en las convocatorias nacionales y los semilleros de investigación del centro.

El CTMA es una institución pública en la cual se encuentran realizando alianzas estratégicas para el desarrollo de la Manufactura Avanzada, específicamente la manufactura aditiva con metales, y en la cual se encuentra realizando estudios y convenios para el desarrollo de está en el centro.

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

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de las capacidades de innovación de la empresa y el CTMA, para lo cual se valoraron aspectos que permiten

determinar, a través de descriptores, el estado actual de madurez de dichas capacidades, permitiendo de esta forma identificar hacia donde están dirigidas las fortalezas en este aspecto y cuáles que presentan oportunidad de mejora.

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 & Neils, 2008) y la herramienta desarrolla por (Robledo et al., 2010), tal como se señaló en el diseño del caso. Los resultados se representan gráficamente 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.

- **Capacidad de Direccionamiento Estratégico**

De acuerdo a los resultados obtenidos para la capacidad de direccionamiento estratégico las dimensiones organización informal y personal logran obtener un puntaje de 2, 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 Cuarta Revolución industrial, también se encuentran en un reconocimiento de la AMM el posible impacto en la empresa y del sector de la manufactura en Antioquia el cual es uno de los sectores con más crecimiento a nivel nacional.

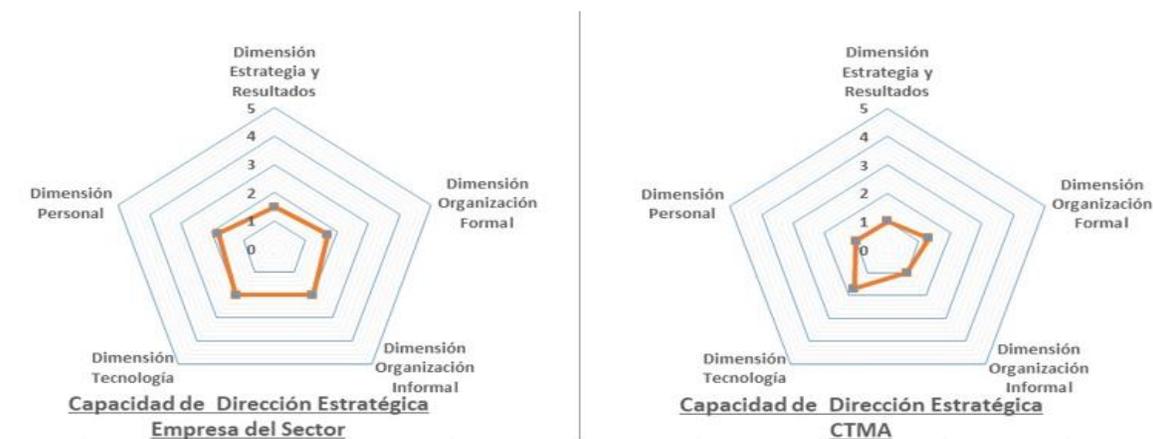
En el análisis de las dimensiones de “Tecnología”, “Organización Formal” y “Estrategia y resultados”, las cuales se encuentran en un estado 2 “Repetible”, donde se puede observar que

la empresa comienza a realizar prototipos con tecnología de AMM, comienza a tener acumulación de la capacidad, que promueven practicas con involucramiento mínimo de la gestión de este proceso y del personal en la tecnología, a nivel organización formal no cuentan con cargos asociados a la tecnología el cual 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.

Por lo anterior se puede observar que tres de las cinco dimensiones se encuentran en un estado 1 “Inicial” y 2 dimensiones en estado “Repetible”, lo cual indica que las capacidades de Dirección estratégica no tienen en sus procesos y como factor de éxito por el momento la AMM, dado el poco o nulo conocimiento sobre la aplicación de la tecnología y el impacto en la economía de Colombia.

En el caso del CTMA el estado en que se encuentra la capacidad de direccionamiento estratégico de acuerdo a la medición en la escala de madurez indica que las cinco dimensiones valoradas obtuvieron una calificación entre uno (1) “inicial”, teniendo presente que la dimensión tecnológica se encuentra realizando acciones para estar en una clasificación (2), “Repetible”, pues no cuenta con una definición estratégica de la AMM, no tiene un procedimiento específico, y tampoco se cuenta con una estrategia institucional, el Centro cuenta con 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, en general el proceso se encuentra muy incipiente.

Figura 4 Nivel de madurez de las dimensiones de la capacidad de direccionamiento estratégico.



Fuente: Elaboración Propia.

- **Capacidad de I+D**

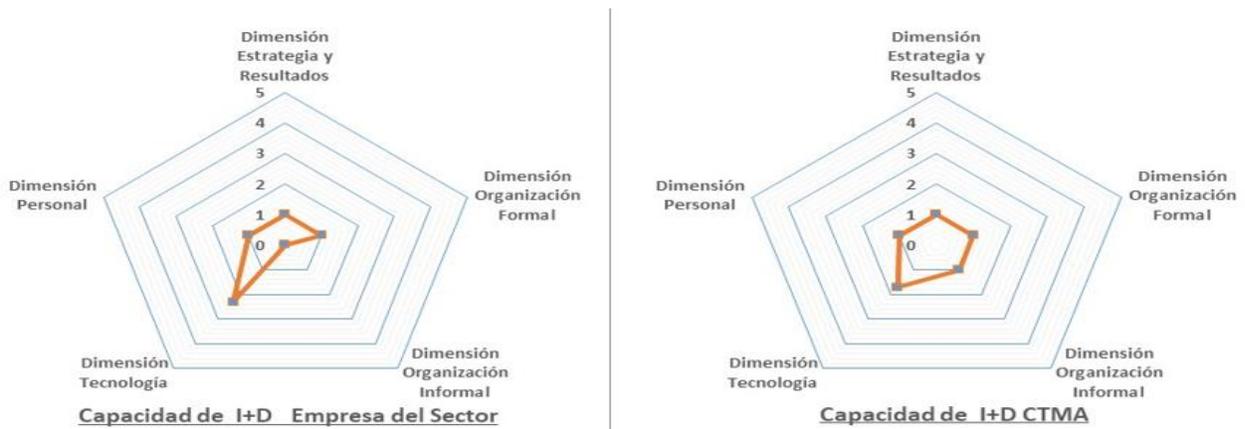
En la capacidad de I+D los resultados son muy contundentes, se puede destacar que la dimensión Tecnología se encuentra en un estado (2) “Repetible” en el cual se da por la capacidad de generar ideas, gestionar proyectos con tecnología avanzada que permiten potenciar la capacidad, se han realizado trabajos de AMM para empresas del exterior, y comienzo del 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 puede evidenciar que la organización cuenta con un alcance limitado de las iniciativas en la organización que potencialicen la capacidad, poco involucramiento del personal en el

proceso, un alcance limitado de iniciativas sobre AMM, se trabaja en los proyectos sobre la marcha y la idea principal es conseguir clientes del exterior.

Es importante tener presente que para esta capacidad no se tuvo presente la dimensión organización informal, pues en Colombia la voluntad realizar actividades de I+D son limitadas o nulas, como se observar en el presupuesto de MinCiencias para el 2021 el cual es de \$ 410.851 Millones de pesos, por eso no tenía sentido cargar la valoración con una práctica casi inexistente. 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), 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.

Figura 5

Nivel de madurez de las dimensiones de la capacidad de I+D.



Fuente: Elaboración Propia.

- **Capacidad de Gestión de Recursos.**

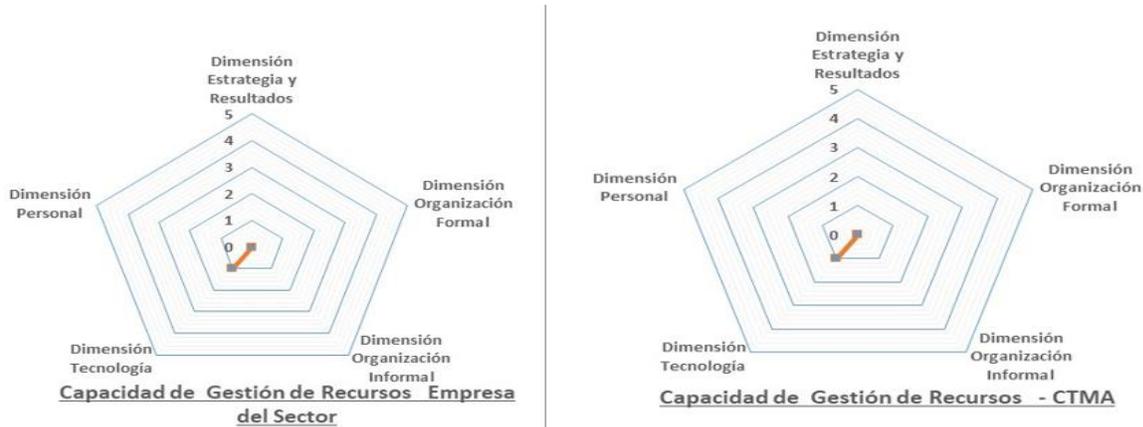
En la capacidad de gestión de recursos la empresa del sector cuenta con personal cualificado para los diferentes procesos y manejo de las herramientas tecnológicas de los trabajos en AMM, en esta capacidad solo se tuvo presente la dimensión de tecnología por lo que se busca es identificar, analizar la 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 demostró 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”.

Figura 6

Nivel de madurez de las dimensiones de la capacidad de Gestión de Recursos



Fuente: Elaboración Propia.

- **Capacidad de Relacionamiento.**

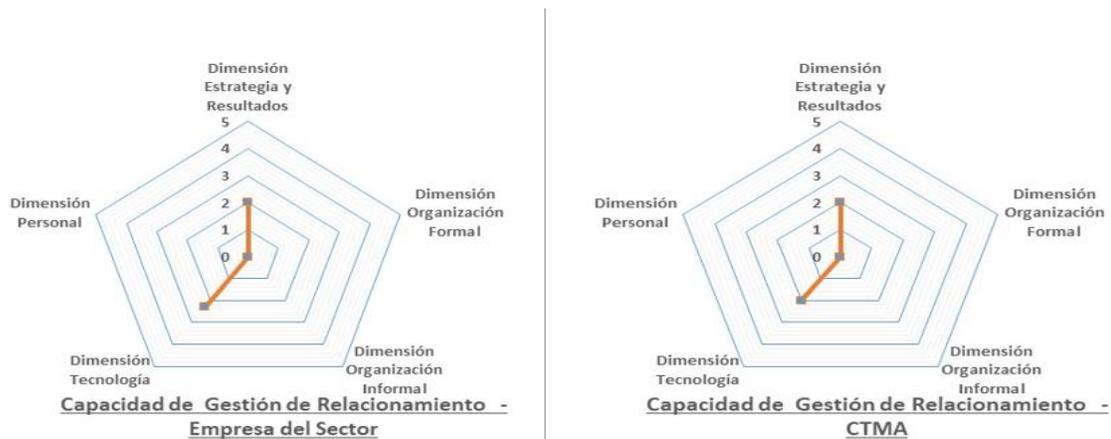
De acuerdo a los resultados obtenidos, las dimensiones “estrategia y resultados” y “tecnología” se encuentra en un nivel 2 “Repetible”, donde la organización se encuentra realizando prototipos para empresas que trabajan con AMM en Estados Unidos, Holanda, India, Perú, lo que les permite tener conocimiento 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 RutaN.

El CTMA todas las dimensiones de capacidad de relacionamiento obtuvieron una calificación de 2, lo que la ubica en un estado de madurez “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.

Figura 7

Nivel de madurez de las dimensiones de la Capacidad de Relacionamiento



Fuente: Elaboración Propia.

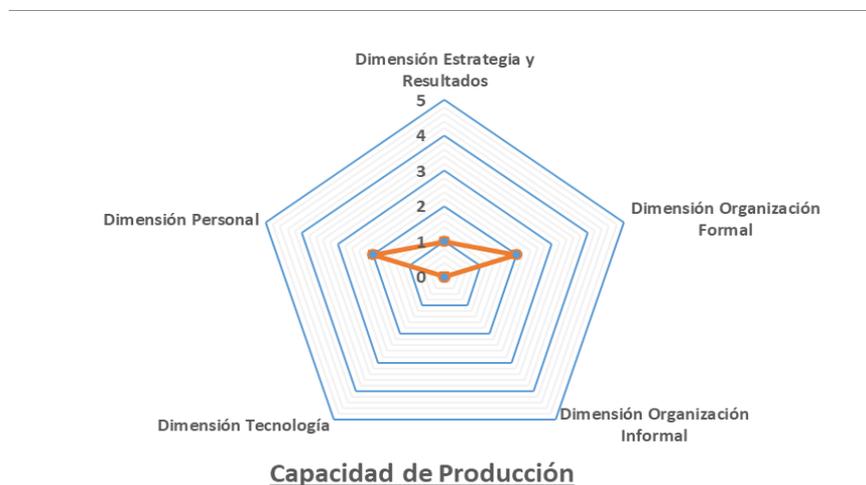
- **Capacidad de Producción**

De las 3 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.

Figura 8

Nivel de madurez de las dimensiones de la Capacidad de Producción.



Fuente: Elaboración Propia.

7. Plan de Acción y Reporte Final - Paso 5.

En el plan de acción, se presenta la consolidación de las capacidades evaluadas del CTMA, de allí las actividades para la adopción por parte del CTMA, la cual inicia con la sensibilización y compromiso por parte del Centro, así mismo como el grado de importancia que se le dé al tema. Como se puede observar y la tabla 5 elaborada a partir de la propuesta de (Scott, A., Duncan, D., & Pontus, 2014) se elabora un plan de acción general, se enmarca dentro de las principales acciones que surgen como resultado de este trabajo de consultoría 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 servicio 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.

Tabla 4.

Plan de acción general

Plan de Acción general				
Brechas Encontradas	Objetivo Alcance Actividades	Acciones	Responsable	Resultado
		Identificar las acciones que permitan al CTMA cerrar las brechas que fueron identificadas en las <i>capacidades de innovación</i> al evaluar la situación actual y el estado deseado en cada una de ellas. Propositivo, no se acompaña la ejecución.		
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 que se encargará de implementar el sistema de AMM. Líder Formación Profesional Integral, Coordinación Académica	Vigilancia Tecnológica AMM Programas que incluya los lineamientos, políticas y demás elementos que permitan estandarizar la forma en que el CTMA emprende los proyectos de AMM.
			Líder Semillero MAMNCO. Líder SENNOVA	Programas de Formación.

<p>Baja inversión del presupuesto anual dedicado a proyectos de I+D en AMM</p>	<p>Implementar la política de designación y consecución de recursos para iniciativas de AMM.</p>	<p>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.</p>	<p>Coordinador Académico Manufactura.</p>	<p>Instructores Capacitados</p>
<p>Falta de 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.</p>	<p>Fortalecer las relaciones con la EIA, Facultad de Minas, SENAI Brasil y CIDESI México, relación con Centros, Instituciones, Universidades públicas y Privadas nacional e internacional AMM</p>	<p>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, que permitan tener una agenda de eventos de AMM y definir la participación en los mismos.</p>	<p>Sub-Director CTMA Líder SENNOVA CTMA Coordinador Académico Manufactura. Líder SENNOVA CTMA Líder Semillero MAMNCO. Coordinador Académico Manufactura.</p>	<p>Políticas definidas dentro del plan de acción del CTMA, Presupuesto construido con rubros especificados para proyectos de AMM</p> <p>Rol definido con responsabilidades.</p>
<p>Falta de 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.</p>	<p>Fortalecer las relaciones con la EIA, Facultad de Minas, SENAI Brasil y CIDESI México, relación con Centros, Instituciones, Universidades públicas y Privadas nacional e internacional AMM</p>	<p>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, que permitan tener una agenda de eventos de AMM y definir la participación en los mismos.</p>	<p>Líder SENNOVA CTMA. Líder Semillero de Investigación MAMNCO</p>	<p>Listado de Centros, Instituciones, Universidades y clasificadas por áreas de interés de AMM y otras.</p>
<p>Falta de 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.</p>	<p>Fortalecer las relaciones con la EIA, Facultad de Minas, SENAI Brasil y CIDESI México, relación con Centros, Instituciones, Universidades públicas y Privadas nacional e internacional AMM</p>	<p>Se recomienda establecer y realizar formalmente las alianzas con el SENAI de Brasil, EIA y el CIDESI de México, que permitan tener una agenda de eventos de AMM y definir la participación en los mismos.</p>	<p>Instructores del CTMA. Sub Director del Centro Director Regional SENA Antioquia</p>	<p>Acuerdos establecidos y divulgados</p>

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

8. Recomendaciones y Conclusiones

8.1. 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 a 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 reflejó 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 de consultoría logra integrar holísticamente los resultados obtenidos en la calificación 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 apropiarse del 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 de la consultoría 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 la misma.

8.2. Recomendaciones

Posterior al análisis detallado de las fuentes primarias y secundarias evaluadas en esta consultoría, 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.

8.3. Trabajo Futuro

Es necesario continuar con la vigilancia tecnológica y estudio de previos para la adquisición de maquinaria de última tecnología dentro del Centro de Tecnología de la Manufactura Avanzada, 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 Manufactura Avanzada con Metales 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 representante 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.

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. In *Journal of Management* (pp. 99–120).
- 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) “MANUFACTURA AVANZADA.”*
- Cuervo, A. (1993). *El papel de la empresa en la competitividad. Papeles de Economía Española*. 363–377.
- 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%0Ahttps://id.presidencia.gov.co/especiales/190523-PlanNacionalDesarrollo/documentos/BasesPND2018-2022.pdf>
- Fedesarrollo. (2020, August 31). *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>
- Innpulsa. (2020). *Analítica*.
- Jeston, J., & Neils, J. (2008). Business Process Management: Practical Guidelines to Successful Implementations,. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 68(1), 1–12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ndteint.2014.07.001><https://doi.org/10.1016/j.ndteint.2017.12.003><http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2017.02.024>
- Kubr, M. (1997). *La consultoria de empresas 40748*.
- 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.
- Riveros, P. H., Emilio, J., López, N., & Martínez, P. A. (2004). La Diversificación desde la Teoría de Recursos y Capacidades Diversification from the Resource and Capabilities View. *Cuadernos de Estudios Empresariales*, 87–104.
- 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. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1064843/FULLTEXT01.pdf>

SENA-CTMA. (2020). *Identificación y evaluación técnica para la selección y adquisición de un equipo 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. (2007). *MANAGEMENT*. 18(7), 509–533.

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. (2007). *A Resource-based View of the Firm*. 5(2), 171–180.

World Economic Forum. (2017). *The Global Competitiveness Report*. <https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2017-2018>

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. (1994). Diseño y métodos. In *Investiagción Sobre Estudio de Casos*. *Sage Publications*, 3, 1–35.

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

7 Anexos.

Anexo 1. Instrumento capacidades de innovación CIDET (Robledo et al., 2010)

		Capacidades de Innovación (adaptado de Yam et al, 2004)							
		CAPACIDAD	CAPACIDAD DE DIRECCIÓN ESTRATÉGICA	CAPACIDAD DE I+D	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	CAPACIDAD DE MERCADEO	CAPACIDAD DE APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL	CAPACIDAD DE GESTIÓN DE RECURSOS	CAPACIDAD DE RELACIONAMIENTO
	DIMENSIÓN	DESCRIPCIÓN	Capacidad para formular e implementar de manera adecuada las estrategias que requiere la organización, incluyendo aquellas estrategias o componentes de las mismas que sean necesarias para construir una organización innovadora.	Capacidad para generar ideas; gestionar el portafolio de proyectos de I+D+i; y proteger, valorar, negociar y contratar tecnología.	Capacidad para implementar las innovaciones en los procesos productivos.	Capacidad para publicitar y realizar el valor de las innovaciones con base en el entendimiento de las necesidades de los grupos de interés y las exigencias de la RSE.	Capacidad para gestionar el conocimiento y construir una organización que aprende.	Capacidad para identificar, adquirir y asignar apropiadamente los recursos necesarios para innovar.	Capacidad para insertarse en los sistemas de innovación de diferente orden, bajo los criterios definidos por la estrategia empresarial y la RSE. Propiciando ambientes colaborativos con clientes y proveedores, así como el trabajo en red con posibles competidores y sustitutos.
Dimensiones de la Empresa (adaptado de Nadler & Tushman, 1997)	ESTRATEGIA Y RESULTADOS	Lineamientos de política y estrategia. Medición y evaluación de resultados.							
	ORGANIZACIÓN FORMAL	Agrupamiento y estructura formal de relaciones jerárquicas. Cumplimiento de normas técnicas y de gestión. Sistemas de comunicación, coordinación e integración. Ambiente físico. Sistema de selección, rotación, capacitación y evaluación de personal. Esquemas de reconocimiento e incentivo.	<p>El Modelo de Evaluación de Capacidades se aplica a través de un cuestionario que posee preguntas claves en cada una de las entradas de la matriz, indagan por el enfoque, el despliegue, el seguimiento y la mejora, para cada capacidad y en cada dimensión.</p> <p>Se cuantifica con elementos de medición adaptados del CMM (<i>Capability Maturity Model</i>) para el proceso de innovación, que se describen en la matriz de descriptores que acompaña esta propuesta y que brindan la posibilidad de asignar una calificación a las observaciones del evaluador, las mismas que deben además confrontarse con información de fuentes tanto primarias como secundarias de la compañía.</p> <p>Las calificaciones “ideales” serán aquellas que reflejen una evaluación tan precisa de la situación actual que enfrenta la empresa para afrontar la innovación como sea posible, que le permita identificar brechas y por tanto tomar acciones.</p>						
	ORGANIZACIÓN INFORMAL	Estilo de gerencia y prácticas de la administración. Cultura organizacional. Relaciones interpersonales e interdepartamentales. Roles y arreglos de trabajo informales. Normas sociales.							
	TECNOLOGÍA	Tecnologías de proceso, máquinas y equipos para transformar las entradas en salidas. Herramientas y métodos de trabajo.							
	PERSONAL	Conocimiento, experiencia y habilidades requeridas. Necesidades y preferencias. Expectativas de reconocimiento e incentivo.							

Fuente: (Robledo et al., 2010)

Anexo 2.

Cuestionario guía para entrevistas

FICHA TÉCNICA DE LA INSTITUCIÓN

Identificación Corporativa

Nombre de la Empresa o Razón Social	
NIT	
Dirección	
Municipio	
Teléfono	
Fax	
Correo Electrónico Corporativo	
Actividad Económica	

Identificación del Representante Legal

Nombre	
Dirección	
Municipio	
Teléfono	
Fax	
Correo Electrónico Corporativo	

Identificación de la Persona de Contacto para el Proceso

Nombre	
Dirección	
Municipio	
Teléfono	
Fax	
Correo Electrónico Corporativo	

PREGUNTAS

DIMENSIÓN	CAPACIDAD DE DIRECCIÓN ESTRATÉGICA	Pregunta No.
ESTRATEGIA Y RESULTADOS	¿Hay Claridad en la definición de estrategias de Manufactura Aditiva?	1
	¿Cómo es el proceso de establecimiento de estrategias de Manufactura Aditiva?	2
	¿Cuáles han sido los resultados positivos y negativos de estrategias de Manufactura Aditiva?	3
	¿Cómo considera que la Manufactura Aditiva es un factor clave de éxito en sus estrategias?	4
	¿Qué tipo de integración tiene la empresa con centros, universidades y entidades que apoyen el desarrollo de la	5

	manufactura aditiva?	
ORGANIZACIÓN FORMAL	¿Cuál es el esquema de despliegue de estrategias a todos los niveles de la empresa?	6
	¿Cómo la estructura actual soporta el desarrollo del proceso de Manufactura Aditiva?	7
	¿Qué dependencias están involucradas formalmente en la formulación y despliegue de la Manufactura Aditiva?	8
ORGANIZACIÓN INFORMAL	¿Cuáles son los valores que la empresa viene posicionando que facilitan el proceso de manufactura aditiva?	9
	¿Qué hace la dirección para incentivar el desarrollo de procesos de manufactura aditiva con el personal?	10
	¿Cómo las estrategias de Manufactura aditiva han permeado la cultura organizacional?	11
	¿Cómo es el nivel de compromiso de las distintas áreas de la empresa con las estrategias de manufactura aditiva?	12
TECNOLOGÍA	¿Con qué Herramientas se cuenta para hacer el análisis estratégico sobre Manufactura Aditiva?	13
	¿Cómo se implementa esta tecnología en la empresa?	14
	¿Qué resultados se han obtenido de esta implementación de tecnología?	15
PERSONAL	¿Cuál es el enfoque sobre la participación de las personas en la manufactura Aditiva?	16
	¿Cómo las personas participan en el proceso de Manufactura Aditiva? ¿Y qué resultados se tienen?	17
	Describe el tipo de liderazgo que revela la alta dirección de la empresa sobre la Manufactura Aditiva	18
	Formación, experiencia de quienes definen la estrategia sobre Manufactura Aditiva	19
DIMENSIÓN	CAPACIDAD DE I+D	
ESTRATEGIA Y RESULTADOS	¿Existen estrategias claras de I+D de Manufactura Aditiva en la empresa?? ¿Cuáles son?	20
	¿Cómo se implementa?	21
	¿Cuáles son los resultados más importantes de esta estrategia?	22
	¿Cómo son los incentivos por parte de la empresa para estimular la generación de nuevas ideas en los colaboradores y se les otorga tiempo para realizar actividades de Manufactura Aditiva?	23
	¿Cómo integra la institución en el proceso de Manufactura Aditiva?	24
ORGANIZACIÓN FORMAL	¿Está formalmente constituida el área de I+D en Manufactura Aditiva?	25
	¿Cuáles son los procedimientos documentados que permiten la gestión de la Manufactura Aditiva?	26
	¿Cuáles son los procedimientos han sido implementados que	27

	permiten la gestión de la Manufactura Aditiva?	
	¿Cuál es la misión de la manufactura aditiva?	28
	¿Cuál es su plan de desarrollo estructurado?	29
	¿Hay instancias formales de coordinación en manufactura Aditiva?	30
	¿Cuál es su composición y qué tipo de decisiones toman?	31
TECNOLOGÍA	¿Qué espacios, equipos y herramientas destina la Empresa para Manufactura Aditiva?	32
	¿Qué servicios tecnológicos de otras instituciones utiliza la empresa regularmente para apoyar proyectos de Manufactura Aditiva?	33
	¿Cuáles son las herramientas informáticas (hardware y software) para el desarrollo de Manufactura Aditiva?	34
PERSONAL	¿Cuál es la dedicación, la formación y la experiencia del personal vinculado a la Manufactura Aditiva?	35
	¿Qué solicitudes hay de apoyo a programas de formación y capacitación para Manufactura Aditiva por parte del personal?	36
	¿Qué apoyos efectivos se han concedido?	37
	¿Cómo se compromete con la Manufactura Aditiva que se quieren realizar o se realizan en la empresa?	38
DIMENSIÓN	CAPACIDAD DE GESTIÓN DE RECURSOS	
TECNOLOGÍA	¿Cuál es el pensamiento que se tiene con la consecución de Manufactura Aditiva?	39
	¿De qué forma hace la empresa realiza vigilancia tecnológica? Entendida la vigilancia tecnológica como <i>“un proceso organizado, selectivo y permanente, de captar información del exterior y de la propia organización sobre ciencia y tecnología, seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, para convertirla en conocimiento para tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios.”*</i>	40
	¿Qué resultados ha obtenido en este proceso?	41
DIMENSIÓN	CAPACIDAD DE RELACIONAMIENTO	
ESTRATEGIA Y RESULTADOS	¿Cuál es el enfoque de relacionamiento con las empresas claves de vanguardia?	42
	¿Cómo se implementa este enfoque?	43
	¿Qué alianzas se han desarrollado en los últimos años con organizaciones claves?	44
TECNOLOGÍA	¿Cuál es el concepto que se tiene de benchmarking?	45
	¿Cómo se implementa esquemas de referenciación tecnológica en la Institución?	46
	¿Qué resultados se han obtenido en estos procesos?	47

DIMENSIÓN	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	
ESTRATEGIA Y RESULTADOS	¿Existe una estrategia en producción para abordar los nuevos proyectos de Manufactura Aditiva? ¿Cuál es?	48
	¿Cuál es el proceso que se maneja en producción para colocar un producto en el mercado de Manufactura Aditiva?	49
	¿Cuáles productos y/o procesos han desarrollado en los últimos años de Manufactura Aditiva?	50
ORGANIZACIÓN FORMAL	¿Cuál es el nivel de participación de los niveles de operación en el diseño de mejoras en los procesos de Manufactura Aditiva?	51
	¿Cómo participan las personas en las mejoras de procesos y de productos?	52
	¿Cuáles resultados se tienen en este aspecto?	53
	Abordar tiempos de respuesta	
PERSONAL	¿Cuál es el enfoque sobre la participación de las personas en el proceso de diseño de procesos?	54
	¿Cómo las personas participan en el diseño o mejoramiento de procesos de la empresa?	55
	¿Qué resultados se tienen?	56

Anexo 3.

Carta de recepción a satisfacción de los resultados de la consultoría.



Medellín 31 de Agosto de 2021

Señores

COMITÉ DE POSGRADOS

Universidad de Antioquia

Medellín

ASUNTO: Recibo conformidad de trabajo de grado – consultoría

Cordial Saludo

En la calidad del CTMA, **Jaime Alberto Jaramillo Carvalho** Líder SENNOVA del centro, acuso recibido de conformidad del trabajo de grado titulado **“Evaluación de capacidades de innovación para la implementación de la Manufactura Aditiva con Metales - AMM en un Centro de Productividad. Un Estudio de Caso”**, desarrollado por el Instructor **Wilber Armel Cortéz Gómez** identificado con cédula de ciudadanía 71.894.597. De igual manera se informa que el mismo, ha sido socializado al interior de la empresa previamente a la fecha de su radicación en la Unidad de Posgrados y Educación Permanente (UPEP) de la Institución.

Asimismo, solicito respetuosamente la evaluación de dicho entregable por parte de los jurados que la Universidad estime pertinente a la modalidad de este trabajo de grado y que se respeten las consideraciones de confidencialidad sobre su contenido las cuales están claramente explícitas en el documento “Acuerdo de confidencialidad” anexo a esta carta.

Amablemente

Jaime Alberto Jaramillo Carvalho

Líder de SENNOVA del Centro de Tecnología

De la Manufactura Avanzada

**Centro De Tecnología De La Manufactura Avanzada
Regional Antioquia**



www.sena.edu.co