

**Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico,
Tecnológico y de Innovación
FORDECYT**

DEMANDA 2018-09

**Fortalecimiento de la infraestructura regional para la Investigación, Desarrollo e Innovación
Tecnológica en Manufactura Aditiva, como apoyo a la industria en la Región Centro-Norte¹
de México**

1. Entidades involucradas

Aguascalientes, Querétaro, San Luis Potosí y Guanajuato

1.1 Entidad Federativa que encabeza la Demanda

Querétaro

1.2 Usuario solicitante

Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU), del Estado de Querétaro

1.3 Usuarios asociados

Entidad	Usuarios
Aguascalientes	Instituto para el Desarrollo de la Sociedad del Conocimiento del Estado de Aguascalientes (IDSCEA) Grupo Industrial Automotriz MAEN Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica de Aguascalientes para el Sector Automotriz (CITTAA)
Guanajuato	Secretaría de Innovación, Ciencia y Educación Superior (SICES)
Querétaro	Centro Nacional de Tecnologías Aeronáuticas (CENTA) Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU) del Estado de Querétaro
San Luis Potosí	Secretaría de Desarrollo Económico (SEDECO) del Estado de San Luis Potosí Consortio de Moldes, Troqueles y Herramientales (MTH)

¹ La Región Centro-Norte comprende los estados de Aguascalientes, Querétaro, San Luis Potosí y Guanajuato.

2. Antecedentes

Dentro de los objetivos nacionales que señala el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018² está el desarrollo de sectores estratégicos del país y hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación pilares que permitan el progreso económico y social del país.

Para alcanzar los objetivos mencionados previamente, destacan las siguientes estrategias:

- i. contribuir al fortalecimiento de la infraestructura científica y tecnológica del país;
- ii. impulsar el desarrollo de las vocaciones y capacidades científicas, tecnológicas y de innovación locales, para fortalecer el desarrollo regional sustentable;
- iii. contribuir a la formación y fortalecimiento del capital humano de alto nivel;
- iv. promover la participación del sector privado en el desarrollo de infraestructura, articulando la participación de los gobiernos estatales y municipales para impulsar proyectos de alto beneficio social, que contribuyan a incrementar la cobertura y calidad de la infraestructura necesaria para elevar la productividad de la economía;
- v. contribuir a la transferencia y aprovechamiento del conocimiento, vinculando a las instituciones de educación superior y los centros de investigación con los sectores público, social y privado.

En este sentido, el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTI) 2014-2018³ establece como su misión: “hacer del conocimiento y la innovación ejes para el crecimiento económico sustentable de México.” Con este propósito, el PECiTI busca impulsar la inversión en ciencia y tecnología a fin de construir capacidades que permitan el desarrollo nacional y regional.

Al respecto, se establecen estrategias⁴ que dan prioridad a la formación de capital humano altamente especializado y al fortalecimiento de la infraestructura al servicio de la sociedad y los sectores productivos del país en siete temas específicos⁵. Dentro de ellos se encuentra el desarrollo tecnológico con énfasis en el desarrollo de materiales avanzados, nanomateriales, biotecnología, manufactura de alta tecnología, conectividad informativa y desarrollo de tecnologías de la información.

Hace un cuatrienio, el CONACYT coordinó y presentó 32 Agendas de Innovación Estatales, y tres Regionales⁶ con el objetivo principal de contribuir al desarrollo económico del país definiendo áreas de especialización y vocaciones estatales y regionales y, con ello, generar instrumentos con una visión compartida entre gobierno, academia, industria y sociedad. En particular, en la Región Centro-Norte la investigación realizada identificó como rubro prioritario la manufactura avanzada con énfasis en los sectores automotriz y de autopartes, aeronáutico y aeroespacial. La Región Centro-Norte cuenta con una ventaja competitiva en el rubro de manufactura avanzada⁷, respecto a las capacidades industriales de otras regiones; aspecto que la ha posicionado como una de las regiones manufactureras más relevantes del país y de América Latina.

De acuerdo con el INEGI, en 2016 la región contribuyó al PIB nacional con aproximadamente el 10%

² *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*. Disponible en: <http://pnd.gob.mx/>

³ *Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018 (PECiTI)*. Disponible en:

<http://www.sicyt.gob.mx/index.php/normatividad/nacional/631-3-programa-especial-de-ciencia-tecnologia-e-innovacion-2014-2018/file>

⁴ *Ibid.* 3.5.2, Formación y fortalecimiento del capital humano de alto nivel, 3.5.5, Contribuir al fortalecimiento de la infraestructura científica y tecnológica del país.

⁵ *Ibidem.* Ambiente, Conocimiento del Universo, Desarrollo Sustentable, Desarrollo Tecnológico, Energía, Salud y Sociedad.

⁶ Agendas Estatales y Regionales de Innovación. Disponibles en: <http://www.agendasinnovacion.org/>

⁷ Manufactura en su sentido más amplio es el proceso de convertir materias primas en productos. Comprende: el diseño del producto, la selección de materias primas, y la secuencia de procesos a través de los cuales se fabricará el producto. La Manufactura Avanzada incluye, además, procesos de tecnología y el desarrollo de los procesos que complementen la cadena productiva.

y sus valores en fabricación de maquinaria y equipo están dentro de los más altos del país. Asimismo, en la Región Centro-Norte ocupa el primer lugar en producción para fabricación de equipos de transporte, con un volumen cuyo valor asciende a \$316,000 millones de pesos (mdp); sus altos niveles de atracción de Inversión Extranjera Directa (IED) están demostrados por el establecimiento de grandes compañías internacionales en la región⁸.

La importancia de la industria manufacturera en México está reflejada en particular, en los sectores automotriz y de autopartes, aeronáutico y aeroespacial, debido a su posicionamiento y alto nivel de producción en la región. A nivel internacional, en 2016 México mantuvo la séptima posición en la producción mundial de vehículos, detrás de India y delante de España.

En cuanto al sector aeroespacial en México, durante los últimos siete años se ha fortalecido con industrias que comprenden, desde el ensamble y fabricación de aviones, helicópteros y motores, hasta sus partes componentes y sistemas. Asimismo están incluidas las actividades de mantenimiento, reparación, revisión y servicios de ingeniería, que generan 50 mil empleos aproximadamente⁹.

De acuerdo con los registros de la Secretaría de Economía, en la región existen 54 unidades económicas de las cuales 44 se ubican en Querétaro, cinco en San Luis Potosí, cuatro en Guanajuato y una en Aguascalientes. Del total de unidades económicas de la región, el 50% forma parte del *Aeroclúster* de Querétaro, dentro del cual están las más importantes del sector a nivel mundial¹⁰. En este sentido, la Región Centro-Norte es la que reúne la mayor cantidad de centros de mantenimiento aeronáutico en diversos sistemas y estructuras¹¹.

La importancia del sector aeroespacial en México se refleja, tanto en el incremento de la producción, como en el aumento de las exportaciones en años recientes. Al respecto, durante el periodo 2006-2015, las exportaciones del sector aeroespacial mexicano tuvieron una tasa de crecimiento anual en promedio del 15%. En 2015, el valor de la producción alcanzó 6,686 millones de dólares (mdd), lo que representó un crecimiento del 5% con respecto a 2014; esto posicionó a México como el 14° productor de la industria aeroespacial a nivel mundial.

Adicionalmente, la Región Centro-Norte reúne el mayor número de Centros Públicos de Investigación relacionados con actividades de I+D en el sector aeroespacial, lo cual contribuye en gran medida a la atracción de proyectos con mayor agregación de valor y, con ello, a la generación de empleos mejor remunerados. En este sentido, en 2017, la Secretaría de Economía (SE) publicó el *Mapa de ruta del sector aeroespacial para la región de Querétaro*¹², un análisis de las tendencias para la industria aeronáutica basado en los pronósticos de los principales fabricantes del sector¹³.

De las oportunidades estratégicas identificadas por la SE que permiten potenciar los procesos de manufactura avanzada en el sector aeroespacial, para los próximos 15 años destacan las siguientes en materia de ciencia y tecnología para la Región Centro-Norte:

⁸ Nissan y Daimler en Aguascalientes; General Motors, Mazda, Honda, Hino Motors y Volkswagen en Guanajuato; BMW en San Luis Potosí; y recientemente Hyundai en Querétaro.

⁹ Pro-Aéreo 2.0 de la Secretaría de Economía. Disponible en:
http://economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/PROAEREO-12-03-2012.pdf

¹⁰ General Electric, Rolls Royce, Bombardier, Airbus y Safran.

¹¹ La región destaca por ofrecer servicios a través de las siguientes firmas: Snecma America Engine Services, SAMES (Grupo SAFRAN) e ITR (Grupo ITP) en reparaciones de motores aeronáuticos de turbina; Messier Services (Grupo SAFRAN) en reparaciones mayores de trenes de aterrizaje, y TechOps (Aeroméxico y Delta Airlines) y Airbus Helicopters en reparaciones mayores de aeronaves.

¹² Mapa de Ruta para del Sector Aeroespacial para la Región de Querétaro. Disponible en:
<http://www.promexico.mx/documentos/mapas-de-ruta/aeroespacial-queretaro.pdf>

¹³ Boeing, Airbus, Bombardier y Embraer.

- i. manufactura aditiva¹⁴ (MA) de componentes críticos,
- ii. desarrollo, manufactura y uso de materiales compuestos,
- iii. recubrimientos multifuncionales cerámicos y metálicos.

Las tecnologías de manufactura aditiva son fundamentales para las industrias automotriz y de autopartes, aeronáutica y aeroespacial. Dentro del sector automotriz, la manufactura aditiva se emplea principalmente para el modelado de vehículos y partes, reduciendo el tiempo y costos de innovación, investigación y desarrollo tecnológico para la producción, así como en la aplicación de técnicas de impresión para la fabricación de productos y moldes. Dentro de la industria aeroespacial, la disminución en el peso de las piezas fabricadas mediante tecnologías de manufactura aditiva hace posible la producción de diversos componentes de aeronaves cuyas características de ligereza y funcionalidad son necesarias para la disminución de costos y buen funcionamiento.

Aunque la tecnología de manufactura aditiva surgió durante la década de 1980, su uso y aplicación en los sectores automotriz y de autopartes, aeronáutico y aeroespacial, es relativamente reciente¹⁵. Debido a la importancia que tienen estos sectores para la producción en México, resulta fundamental incorporar esta tecnología a los procesos de manufactura avanzada para que la industria mexicana se mantenga a la vanguardia, incremente su competitividad y que esté en posibilidad de competir mejor a nivel internacional.

2.1 Descripción del problema, necesidad u oportunidad que se pretende atender

Desde el comienzo de la industrialización, los avances tecnológicos han llevado a cambios de paradigmas, que se denominan Revoluciones Industriales¹⁶. Hoy en día se vive un nuevo cambio de paradigma iniciado a principios del 2011¹⁷ denominado *Industria 4.0*. Este nuevo modelo de producción tiene como base nueve tecnologías centrales:

- 1) análisis de grandes volúmenes de datos (*Big Data*),
- 2) simulación,
- 3) internet de las cosas,
- 4) robots autónomos,
- 5) computación en la Nube,
- 6) realidad aumentada,
- 7) ciberseguridad,
- 8) simulación y modelación y,

¹⁴ La manufactura aditiva es aquella basada en la creación de modelos o prototipos mediante el proceso de unión de materiales a partir de un programa de diseño, sin el uso de preformas (tecnologías conformativas) y sin sustraer material (tecnologías sustractivas). La manufactura aditiva consiste en manipular material a escala micrométrica y depositarlo de forma muy precisa para construir un sólido, empleándose una alta diversidad de materiales, tanto polímeros como materiales cerámicos, vidrio, metales, hormigón, alimentos y células.

¹⁵ Diagnóstico para desarrollo de procesos de fabricación de manufactura aditiva. Disponible en:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/189123/0018-F-13032015_Diagn_stico_para_desarrollo_de_procesos_de_fabricaci_n_de_manufactura_aditiva._Parte_1.pdf

¹⁶ En el campo de la mecanización (1ª revolución industrial); del uso intensivo de la energía eléctrica (2ª revolución industrial); del uso generalizado de la informática y la automatización (3ª revolución industrial); y la combinación de tecnologías de la información basada en el internet y el uso de sistemas ciberfísicos inteligentes denominado Industria 4.0 (4ª Revolución Industrial).

¹⁷ *Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations*, *Ann Oper Res*. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10479-018-2772-8>

9) manufactura aditiva.

Diversas industrias en el mundo están incorporando los avances tecnológicos y los nuevos desarrollos de la *Industria 4.0* a sus procesos de producción con la finalidad de obtener productos mejor elaborados, en mayor cantidad y con costos más bajos. En ese sentido, es necesario que la industria mexicana, basada mayormente en los procesos tradicionales de manufactura, adopte nuevas tecnologías que abaraten costos y se traduzcan en mejoras en cuanto a productividad y competitividad. Para ello, la colaboración entre las industrias, el sector académico y el gobierno es fundamental para obtener óptimos resultados.

Al respecto, los términos de cooperación definidos en las Agendas de Innovación Estatales y Regionales establecen la necesidad de mejorar la competitividad de los sectores automotriz y de autopartes, aeronáutico y aeroespacial en tres áreas de oportunidad de mejora comunes, a saber:

- 1) desarrollo de proveedores
- 2) capacidades para la formación de capital humano
- 3) fortalecimiento de capacidades científico-tecnológicas para manufactura avanzada

Como estrategia para atender las necesidades antes mencionadas, el CONACYT y las entidades federativas que conforman la Región Centro-Norte acordaron la formación de tres Consorcios de Investigación especializados en áreas estratégicas de la manufactura avanzada:

- 1) Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica de Aguascalientes para el Sector Automotriz (CITTA)¹⁸
- 2) Consorcio de Moldes, Troqueles y Herramientales (MTH)¹⁹
- 3) Centro Nacional de Tecnología Aeronáutica (CENTA)²⁰

Aun cuando los Consorcios antes mencionados están enfocados al desarrollo de tecnologías para la manufactura avanzada en los sectores automotriz y de autopartes, aeronáutico y aeroespacial, ninguno de estos se especializa de manera directa en manufactura aditiva, a pesar de que ésta es considerada como una tecnología disruptiva clave para la manufactura en el futuro²¹. Prueba de ello son los resultados del Reporte de impresión 3D y fabricación de aditivos, publicado en 2013 por el *Mckinsey Global Institute*²², el cual establece que para 2025, hasta un 50% de productos en categorías relevantes para la manufactura avanzada serán reemplazados por tecnologías de manufactura aditiva. Asimismo, se identificó a ésta como una industria que podrá desarrollar 640 billones de dólares anualmente captando sólo un 5% de la industria manufacturera mundial.

En este sentido, el sector automotriz y de autopartes ocupa el tercer lugar entre los sectores industriales que más invierten para la adopción de las tecnologías aditivas. En esta misma clasificación la industria aeroespacial ocupa el cuarto lugar, seguido de la industria de dispositivos médicos e implantes. El crecimiento en el uso de la manufactura aditiva es impulsado por la capacidad de dar mayor libertad al diseño de los componentes para mejorar su funcionalidad en

¹⁸ El CITTA está ubicado en la ciudad de Aguascalientes y tiene como objetivo incrementar la competitividad de las empresas del sector automotriz y autopartes, electrónica y tecnologías de la información del estado de Aguascalientes, para detonar la industria de proveeduría local y atraer nuevas inversiones e industrias de los sectores objetivo.

¹⁹ El MTH está ubicado en la ciudad de San Luis Potosí y tiene como objetivo mejorar la competitividad y productividad en materia de moldes, troqueles y herramientas en las empresas proveedoras de los sectores automotriz, autopartes, electrodomésticos y metalmecánicos de la región Centro-Norte de México, para disminuir la dependencia tecnológica extranjera.

²⁰ El CENTA está ubicado en la ciudad de Querétaro y tiene como objetivo atender las necesidades de la Federación Mexicana de la Industria Aeronáutica, para el desarrollo del sector en México.

²¹ *Disruptive Technologies: Advances that will transform life, business and the global economy, May 2013.*

²² *Wohlers Report 2015, 3D printing and Additive Manufacturing State of the Industry.*

lugar de las limitaciones de los procesos convencionales de fundición, forjado y procesos de conformado²³.

Por ello se considera necesario fortalecer las capacidades científicas y tecnológicas de la Región Centro-Norte a fin de impulsar el uso de la MA en los sectores automotriz y de autopartes, aeronáutico y aeroespacial, así como aquellas industrias de relevancia para las entidades federativas que integran la región²⁴. Las tecnologías de la *Industria 4.0* han creado un mercado global y dinámico en el que es necesario estar a la vanguardia tecnológica, tanto en el desarrollo de tecnología y sus procesos, como en la formación de capital humano, de forma tal que permita mantener la competitividad y un crecimiento económico sostenido.

Por su parte, México y su Región Centro-Norte han logrado posicionarse como una potencia en el mercado manufacturero. La experiencia y logros obtenidos con el sector automotriz y de autopartes, biomédica y de bienes de consumo, aeronáutico y aeroespacial son prueba de ello, ya que dichos sectores han llegado a ser referentes globales y regionales al exportar cerca del 80% de los productos de alta tecnología producidos en Latinoamérica. Sin embargo, con el objetivo de mantener el liderazgo nacional de la región e incrementar la competitividad internacional, es necesario invertir a escala regional en la adopción, desarrollo e implementación de las nueve tecnologías de la *Industria 4.0*.

En México, el desarrollo científico y tecnológico de la manufactura aditiva es aún incipiente, la clave para su implementación en la industria de la Región Centro-Norte depende principalmente del fortalecimiento de la infraestructura, el entendimiento de la interacción de los materiales y su procesamiento, la formación del capital humano especializado en el tema y sus procesos periféricos.

2.2 Impacto socioeconómico para la región

Es necesario fortalecer el nivel de infraestructura con la que cuenta la Región Centro-Norte para así acelerar su crecimiento regional a través del desarrollo científico-tecnológico, la formación de capital humano y la transferencia de tecnología en materia de manufactura aditiva. Lo anterior permitirá la transición acelerada hacia un modelo de *Industria 4.0*, lo que se traduciría en la atracción de mayor inversión tanto nacional, como extranjera a través de apuntalar el desarrollo de sus sectores productivos mediante:

- 1) desarrollo de nuevos productos, tecnologías y procesos,
- 2) servicios de laboratorio científicos y tecnológicos especializados,
- 3) proyectos de investigación básica y aplicada y,
- 4) formación de capital humano.

Como parte de la estrategia para incrementar la competitividad de la Región Centro-Norte, se considera vital apoyar la Manufactura Aditiva para los sectores automotriz y de autopartes, aeronáutico y aeroespacial, así como potenciar el desarrollo de otros sectores productivos, tales como: electrodomésticos, dispositivos médicos e implantes, energía y agroalimentario. Por lo anterior, a partir de la atención de la presente Demanda se busca generar las condiciones necesarias para impulsar el desarrollo de la manufactura aditiva en la región, a fin de integrarla a los procesos productivos de la industria y fortalecer la cadena de proveeduría existente para que las empresas

²³ A diferencia de los procesos de la manufactura sustractiva, en las que se utiliza una herramienta para eliminar el material no deseado de una pieza de trabajo para fabricar una parte, la manufactura aditiva se puede definir como un proceso de unión de materiales para hacer o reparar objetos a partir de un modelo de datos en 3D, usualmente capa por capa.

²⁴ *Electrodomésticos, dispositivos médicos e implantes, energía y agroalimentarios.*

de la región puedan generar mejores condiciones de productividad y competitividad.

Adicionalmente, uno de los mayores retos identificados en México es la falta de especialistas en el tema que puedan integrarse a la industria. En este sentido, es necesario contar con infraestructura especializada para el desarrollo de procesos de manufactura aditiva y así contribuir al fomento de la formación de capital humano especializado en esta tecnología, que realice investigación y desarrollo científico y logre integrarse a la industria para incrementar su productividad y competitividad. Finalmente, se ve a la manufactura aditiva como una oportunidad para posicionar a México como referente en este sector, lo cual permitirá atender la industria local, nacional e internacional.

2.3 Contribución a la integración de la región

Con la atención de la presente Demanda, se busca incrementar la cooperación científica, tecnológica y de innovación entre los diferentes sectores de la Región Centro-Norte incluidos la industria, el gobierno, los Centros Públicos de Investigación (CPI) y las Instituciones de Educación Superior (IES) a través del desarrollo conjunto de proyectos para diseñar, fabricar, reparar y/o caracterizar partes y componentes a través de la manufactura aditiva y sus procesos periféricos para que las empresas regionales exploren y validen los procesos de manufactura aditiva como potenciales tecnologías para ser implementadas en sus cadenas productivas.

Con lo anterior, la Región Centro-Norte, además de contar con dos sectores industriales principales, el sector automotriz y de autopartes y el aeronáutico y aeroespacial, también busca explorar la atención de otros sectores estratégicos como son el sector de electrodomésticos, dispositivos médicos e implantes, energía y agroalimentario.

En este sentido, el fortalecimiento de las capacidades científicas y tecnológicas de la manufactura aditiva buscará la integración de la región a través de la articulación de cadenas productivas, de abastecimiento y suministro, y la mejora en los procesos productivos de los sectores como son el automotriz y de autopartes, aeroespacial y aeronáutico, mediante el fortalecimiento a la formación de capital humano, a través de la colaboración entre Instituciones de Educación Superior, Centros de Investigación y empresas, para así consolidar la transferencia de tecnología y la proveeduría de servicios tecnológicos.

2.4 Necesidad, relevancia o pertinencia de atender la Demanda

Para la industria manufacturera en México existe la necesidad de contar con infraestructura para la producción de polvos metálicos usados en los procesos de manufactura aditiva, prensado isostático en caliente y la caracterización mecánica a altas temperaturas incluidas termofluencia, fatiga y tensión. En este sentido, es necesario disminuir los costos que implica la adopción de la manufactura aditiva del extranjero, e impulsar la inversión en términos de:

1. Formación y/o capacitación de capital humano especializado en ciencias de la manufactura aditiva, sus tecnologías y procesos periféricos, a nivel técnico, universitario y de posgrado.
2. Fortalecimiento de la infraestructura de los centros de investigación especializados en el área de la manufactura aditiva y sus procesos periféricos.
3. Desarrollo de materiales (aleaciones metálicas, cerámicas y metal-cerámicas) para su utilización en procesos de manufactura aditiva.
4. Desarrollo de metodologías para la fabricación y reparación de partes y componentes metálicos mediante tecnologías de manufactura aditiva.

5. Desarrollo de metodologías de pos-tratamiento de las piezas fabricadas por manufactura aditiva de metales y cerámicos.
6. Investigación básica y aplicada que incida eventualmente en el desarrollo de nuevos avances científicos y tecnológicos en el sector de la manufactura aditiva.
7. Espacios físicos para la capacitación y formación de capital humano.

Derivado de lo anterior, la atención a la presente Demanda permitirá generar las condiciones para que la Región Centro-Norte se posicione como referente a nivel nacional en la formación de capital humano, desarrollo científico y tecnológico en manufactura aditiva y sus procesos periféricos como apoyo para incrementar la competitividad de la industria en dicha región.

3. Finalidad y propósito de la presente Demanda

3.1 Finalidad

Elevar la competitividad y productividad de los sectores industriales de la Región Centro-Norte incluidos el automotriz y de autopartes, aeronáutico, aeroespacial, electrodoméstico y de dispositivos médicos e implantes a través del fortalecimiento y el desarrollo de la manufactura aditiva, para que estos transiten a un modelo de *Industria 4.0*.

3.2 Propósito

Fortalecer las capacidades científicas, tecnológicas y de innovación en manufactura aditiva de la Región Centro-Norte. Lo anterior permitirá impulsar la competitividad del sector automotriz y de autopartes, aeronáutico, aeroespacial, electrodoméstico y de dispositivos médicos e implantes, a través del desarrollo tecnológico, la innovación, la formación de recursos humanos especializados, la vinculación y la transferencia de nuevas tecnologías al sector empresarial en materia de manufactura avanzada.

4. Modalidades y objetivos para la atención de la Demanda

4.1 Objetivo General

Fortalecer la infraestructura científica y tecnológica en Manufactura Aditiva y sus procesos periféricos en la Región Centro-Norte de México; para poder generar conocimiento relevante y soluciones tecnológicas pertinentes para su desarrollo.

4.2 Modalidades y objetivos específicos

Objetivo específico	Modalidad
I. Desarrollar un Proyecto Ejecutivo para la adecuación/ampliación y equipamiento de la infraestructura especializada en Manufactura Aditiva (MA). Dicho Proyecto Ejecutivo habrá de considerar al menos los siguientes espacios, así como los materiales necesarios para la correcta instalación de los equipos: <ol style="list-style-type: none"> a. Laboratorio de Fusión de Metales Asistido por Haz 	I. Investigación científica y tecnológica, básica y aplicada

<p>de Electrones</p> <ul style="list-style-type: none"> b. Espacio físico para la capacitación y formación de capital humano c. Laboratorio de Fusión de Metal Directa Asistida por Láser d. Laboratorio de Prensado Isostático en Caliente e. Celda Robótica Instrumentada para <i>Láser Cladding</i> f. Celda de Manufactura Híbrida Aditiva (Maquinado y <i>Láser Cladding</i>) g. Celda Robótica Instrumentada para <i>Cold Metal Transfer</i> h. Laboratorio de evaluación mecánica a alta temperatura: termofluencia, fatiga y tensión i. Laboratorio de Microscopia Electrónica de Barrido j. Laboratorio de Caracterización de Materiales (p.ej., XRD, TGA, DSC, Espectrometría de Emisión Óptica, Tribómetro, Potenciómetro, Espectrómetro de Impedancias, perfilómetro, etc.) k. las demás áreas necesarias para la correcta operación de la infraestructura 	
<p>II. Desarrollar un Mapa de Ruta para el crecimiento, desarrollo y consolidación de la Manufactura Aditiva en la Región Centro-Norte de México.</p>	<p>I. Investigación científica y tecnológica, básica y aplicada</p>
<p>III. Adecuar/ampliar, equipar, instalar y poner en funcionamiento infraestructura para Manufactura Aditiva y sus procesos periféricos, de acuerdo con el Proyecto Ejecutivo señalado en el Objetivo Específico I.</p>	<p>IV. Creación y fortalecimiento de infraestructura científica y tecnológica</p>
<p>IV. Desarrollar un Plan Estratégico para dar viabilidad técnica y financiera al Proyecto y permita su continuidad a mediano y largo plazo.</p>	<p>I. Investigación científica y tecnológica, básica y aplicada</p>
<p>V. Desarrollar un Plan Negocios para la oferta de servicios y productos con tecnología de Manufactura Aditiva.</p>	<p>I. Investigación científica y tecnológica, básica y aplicada</p>
<p>VI. Desarrollar un Programa de Ciencia, Tecnología e Innovación para Manufactura Aditiva para atención de las necesidades de los sectores productivos de la Región Centro-Norte.</p>	<p>I. Investigación científica y tecnológica, básica y aplicada</p>
<p>VII. Formar alianzas con socios comerciales, tecnológicos, y académicos que permitan desarrollar la Manufactura Aditiva en la Región Centro-Norte.</p>	<p>V. Planeación, difusión y divulgación</p>

VIII. Desarrollar un catálogo de servicios especializados en Manufactura Aditiva y sus procesos periféricos ofertados para fortalecer los sectores productivos de la Región Centro-Norte de México.	I. Investigación científica y tecnológica, básica y aplicada
IX. Diseñar un Plan de formación de capital humano en Manufactura Aditiva y sus procesos periféricos a nivel especialidad y posgrado para la Región Centro-Norte, que considere las Instituciones de Educación Superior y Centros Públicos de Investigación en dicha región y zonas circunvecinas.	I. Investigación científica y tecnológica, básica y aplicada
X. Elaborar un Programa para difundir el potencial de la Manufactura Aditiva como área académica de especialización y elemento estratégico para fortalecer las cadenas de producción de la región y zonas circunvecinas.	V. Planeación, difusión y divulgación

5. Productos esperados

- I. Proyecto ejecutivo de la adecuación/ampliación de la infraestructura física, que incluya: diseño de instalaciones, inventario de equipamiento necesario, y cualquier otro aspecto indispensable para su exitosa adecuación/ampliación, equipamiento y puesta en operación. El Proyecto Ejecutivo habrá de considerar al menos los espacios señalados en el Objetivo Específico I, así como los materiales necesarios para la correcta instalación de los equipos.
- II. Mapa de Ruta para el crecimiento, desarrollo y consolidación de la manufactura aditiva en la Región Centro-Norte de México.
- III. Infraestructura de no menos de 1,500 m² para investigación, desarrollo científico y tecnológico e innovación en la Manufactura Aditiva, de acuerdo con el Proyecto Ejecutivo (Producto Esperado I).
- IV. Plan Estratégico para dar viabilidad técnica y financiera al Proyecto y que permita su continuidad a mediano y largo plazo.
- V. Plan de Negocios para la oferta de servicios y productos derivados de la tecnología de Manufactura Aditiva.
- VI. Programa de Ciencia, Tecnología e Innovación para Manufactura Aditiva para atención de las necesidades de los sectores productivos de la Región Centro-Norte.
- VII. Convenios de colaboración con socios comerciales, tecnológicos, y académicos que permitan desarrollar la Manufactura Aditiva en la Región Centro-Norte:
 - a) Convenio de Colaboración con una empresa.
 - b) Tres Convenios de Colaboración con Consorcios CONACYT.
 - c) Tres Convenios de Colaboración formalizados con instituciones académicas de la Región Centro-Norte.
- VIII. Catálogo de servicios especializados en Manufactura Aditiva y sus procesos periféricos ofertados para fortalecer los sectores productivos de la Región Centro-Norte de México.

- IX. Plan de formación de capital humano en Manufactura Aditiva y sus procesos periféricos a nivel especialidad y posgrado para la Región Centro-Norte de México.
- X. Programa de difusión de resultados obtenidos y de la Manufactura Aditiva como área académica de especialización y elemento estratégico para el fortalecimiento de las cadenas de producción.

6. Indicadores de resultado e impacto

- I. Número de servicios especializados en Manufactura Aditiva y sus procesos periféricos ofertados.
- II. Número de Contratos o Cartas de Intención formalizados para la venta de servicios en Manufactura Aditiva y sus procesos periféricos.
- III. Número potencial de especialistas en Manufactura Aditiva que podrían ser formados anualmente en función de la infraestructura académica y de investigación en vinculación con la industria de la Región Centro-Norte de México.
- IV. Proyección del valor de los servicios especializados en Manufactura Aditiva en oferta potencial anual.
- V. Proyección de la reducción de costos de los procesos de Manufactura por la utilización de la infraestructura en Manufactura Aditiva instalada.
- VI. Cadenas de valor integradas con base en el fortalecimiento de la Manufactura Aditiva.

7. Tiempo de ejecución

El proyecto tendrá una duración máxima de 24 meses.

8. Consideraciones particulares

- a) Preferentemente, la solicitud deberá estructurarse en al menos dos etapas sucesivas en las que se indiquen las actividades y resultados esperados por etapa.
- b) Para la ejecución del proyecto, el monto máximo que se podrá solicitar al FORDECYT a través de la presente Demanda es de \$70'000,000.00 (setenta millones de pesos 00/100 M.N.). Sólo se apoyará una solicitud.
- c) El proyecto deberá considerar con una aportación concurrente líquida de al menos \$10'000,000.00 (diez millones de pesos 00/100 M.N.) por parte del Sujeto de Apoyo. Anexo a la solicitud en el Sistema de Fondos, se deberá incluir una carta firmada por el Representante Legal en donde se establezca el compromiso de realizar la aportación concurrente.
- d) La aportación concurrente por parte del Sujeto de Apoyo deberá realizarse previo a la primera ministración del FORDECYT.
- e) El proyecto deberá de contar con una aportación complementaria líquida y/o en especie de al menos \$40'000,000.00 (cuarenta millones de pesos 00/100 M.N.) por parte de los usuarios y/o beneficiarios. Para ello, en la solicitud se deberá incluir como anexo una carta firmada en donde se establezca el compromiso de realizar dichas aportaciones

complementarias.

- f) Las aportaciones complementarias en especie deberán utilizarse para consolidar los laboratorios mencionados en el Objetivo Específico I.
- g) La solicitud deberá incluir como anexo, los documentos que acrediten la propiedad o posesión de un inmueble de al menos 1,500 m² disponibles para la ejecución del proyecto en el estado de Querétaro. Para acreditar cualquiera de las dos figuras jurídicas mencionadas, se deberá constatar lo siguiente:
 - i. Propiedad: Presentar copia certificada de la escritura que para tal efecto haya expedido el notario público correspondiente.
 - ii. Posesión: Presentar copia certificada del contrato de comodato pasado ante la fe del notario público correspondiente, y con vigencia de al menos 20 años, prorrogable por un plazo igual.
- h) Se deberá incluir como anexo en la solicitud del Sistema de Fondos, un desglose financiero en formato libre que detalle cada uno de los rubros del presupuesto capturado en la sección “Cronograma de Actividades/Desglose Financiero” del formato de captura del Sistema de Fondos CONACYT. Se recomienda especificar el detalle de cálculo y justificar los montos en función de las actividades a desarrollar para generar los productos entregables.
- i) La solicitud del Sistema de Fondos CONACYT deberá incluir un análisis de los riesgos técnicos del proyecto que contemple posibles escenarios negativos que pudieran afectar el desarrollo de éste, así como las estrategias de contingencia que el solicitante prevé ejecutar para solventar dichas situaciones.
- j) La solicitud deberá incluir como anexo una carta de cada uno de los usuarios asociados en donde se manifiesta su total apoyo para el desarrollo del proyecto, en caso de que resulte aprobada dicha solicitud.
- k) Como parte del presupuesto, deberá asignarse un monto para la auditoría financiera del proyecto.
- l) La solicitud deberá incluir un anexo en formato libre, con un máximo de 30 cuartillas, que atienda todos los requerimientos de la Demanda.
- m) La solicitud deberá incluir como anexo, un documento que compruebe la experiencia de la(s) institución(es) participante(s) en las áreas de Manufactura Aditiva de Metales y Manufactura Avanzada (esto puede incluir proyectos de investigación y desarrollo vigentes en las áreas mencionadas), así como con programas de posgrado.
- n) La solicitud deberá atender la Demanda en su totalidad. Para ello, el solicitante deberá comprobar su capacidad legal, técnica y financiera para realizar el proyecto.

9. Datos de contacto de los usuarios

Entidad federativa	Nombre del enlace	Institución	Teléfono/Correo electrónico
Querétaro	Ing. José Benjamín Aguillón Padilla Encargado del Desarrollo de la Cadena de Proveduría de la Secretaría de Desarrollo Sustentable	Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU) del Estado de Querétaro	(442) 211 68 00 Ext.1224
Querétaro	Dr. Felipe Rubio Castillo Gerente del Consorcio CENTA	Centro Nacional de Tecnología Aeronáutica (CENTA)	(442) 211 98 00 Ext. 5021
San Luis Potosí	Dr. Enrique Villegas Valladares Gerente del Consorcio MTH	Consorcio de Moldes, Troqueles y Herramientales (MTH)	(444) 824 03 10 Ext. 2725
San Luis Potosí	Ing. Jorge Viramontes Director de Desarrollo y Promoción Industrial	Secretaría de Desarrollo Económico (SEDECO) del Estado de San Luis Potosí	(444) 834 36 00
Guanajuato	Dr. Antonio Vega Corona Subsecretario de Innovación, Ciencia y Educación Superior	Secretaría de Innovación, Ciencia y Educación Superior (SICES) del Estado de Guanajuato	(472) 103 30 55 ext. 286
Aguascalientes	Mtro. Carlos Martín Muñoz Pedroza Director General	Instituto para el Desarrollo de la Sociedad del Conocimiento (IDSCEA) del Estado de Aguascalientes	(449) 913 70 12 ext. 7105
Aguascalientes	Ing. Cuitláhuac Pérez Cerros Presidente Grupo Industrial Automotriz MAEN	Grupo Industrial Automotriz MAEN	(449) 152 30 07
Aguascalientes	Mtro. Fernando García Navarro Gerente del Consorcio CITAA	Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica de Aguascalientes para el Sector Automotriz (CITAA)	(449) 442 81 24