

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

FORDECYT

DEMANDA 2018-12

Generación de plataformas tecnológicas basadas en microdispositivos para el sector industrial de los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Puebla, Querétaro y San Luis Potosí

1. Entidades involucradas

Aguascalientes, Guanajuato, Puebla, Querétaro y San Luis Potosí.

1.1 Entidad Federativa que encabeza la demanda

Querétaro.

1.2 Usuario solicitante

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

1.3 Usuarios asociados

Entidad	Usuarios
Aguascalientes	Secretaría de Desarrollo Económico (SEDEC).
Guanajuato	Secretaría de Innovación, Ciencia y Educación Superior de Guanajuato (SICES).
Puebla	Secretaría de Competitividad, Trabajo y Desarrollo Económico (SECOTRADE).
Querétaro	Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro (SEDESU).
San Luis potosí	Secretaría de Desarrollo Económico (SEDECO).

2. Antecedentes

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018¹, establece como parte de las cinco metas nacionales, *México con Educación de Calidad*², en esta meta se propone el fortalecimiento del desarrollo científico, tecnológico y de innovación, para el progreso sostenible desde el enfoque económico y social³. En este sentido, en el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTI)⁴, la manufactura de alta tecnología, ingenierías para incrementar el valor agregado en las industrias y el desarrollo de nano-materiales y de nanotecnología, se establecen como temas de relevancia para su atención.

Adicionalmente, el CONACYT elaboró 32 Agendas Estatales y tres Agendas Regionales de Innovación⁵, con el objetivo de contribuir al desarrollo económico de cada entidad, definiendo prioridades y generando instrumentos con una visión compartida entre gobierno, academia, industria y sociedad. En particular destaca la Región Centro, conformada por los estados de Querétaro, San Luis Potosí, Aguascalientes y Guanajuato, donde se identifica a la Manufactura Avanzada en los sectores automotriz y de autopartes, como un rubro prioritario. Respecto a Querétaro y San Luis Potosí se definen como rubros prioritarios a la industria de electrodomésticos, al sector aeroespacial o aeronáutico, así como la fabricación de equipo y servicios para dicha industria, mientras que en Guanajuato este último se considera como un nuevo nicho de mercado. En este sentido, en Puebla, el sector automotriz es uno de los tres sectores estratégicos más importantes.

En México la industria aeronáutica se ha convertido, en los últimos años, en un sector prioritario para varios gobiernos estatales, debido al uso intensivo de mano de obra calificada y por lo tanto bien remunerada. Respecto al sector de electrodomésticos, México es el principal exportador de América Latina y el quinto a nivel mundial, por arriba de países representativos de la industria como Estados Unidos, Corea del Sur y Francia. En este sentido, la Región Centro contribuyó al PIB nacional

¹ Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2013

² Meta Nacional III.

³ Objetivo 3.5.

⁴ El PECiTI menciona en su misión, que el conocimiento y la innovación sean considerados como estrategias fundamentales para el crecimiento económico sustentable de México

⁵ Agendas Estatales y Regionales de Innovación disponibles en: <http://www.agendasinnovacion.org/>.

aproximadamente con el 10%, aspecto que se ve reflejado en los índices de especialización local de cada entidad, cuyos valores en fabricación de maquinaria y equipo se encuentran dentro de los más altos del país.

De acuerdo con el INEGI, la Región Centro ha presentado un crecimiento económico sostenido que hoy alcanza una décima parte del PIB nacional; lo que es resultado del desarrollo fabril impulsado principalmente por la industria automotriz⁶. Con base en lo anterior, es importante mencionar que el crecimiento y mejora de las industrias automotriz, de electrodomésticos y aeronáutica en la región, dependen en gran parte, de la vanguardia en tecnologías que introduzcan un valor agregado en sus productos y procesos, que favorezcan la competitividad y la participación en los mercados internacionales.

En particular, Querétaro presenta una industria consolidada, su fortaleza se basa en las áreas de especialización como son: manufactura digital, software especializados y nuevos materiales; a su vez, el estado de Aguascalientes cuenta con el más alto nivel de especialización local del sector y destaca por la fabricación de sistemas de transmisión, motores de gasolina, y sus partes para vehículos automotrices, entre otros. Por su parte, Puebla se ha especializado en el ensamblaje de autos y camionetas, así como en sistemas de frenos, troqueles y matricería, y piezas de plástico. Respecto a San Luis Potosí, dicha entidad se enfoca en motores de combustión interna, turbinas y transmisores, sistemas de frenos, sistemas de dirección y suspensión, equipo eléctrico y electrónico. En el caso de Guanajuato cuenta con industrias soporte y clústeres.

En lo que se refiere al sector de Electrodomésticos y su importancia para el desarrollo industrial de la región, Querétaro tiene la segunda posición en la fabricación de enseres electrodomésticos menores, con una participación nacional de 16.2% y en la fabricación de aparatos de línea blanca ocupa el cuarto lugar a nivel nacional, con una participación de 14%. Este sector remunera anualmente a cada empleado con 99.76 mil pesos en promedio, lo que implica una inversión en cada trabajador de 696 mil pesos anuales, lo que posiciona al sector en el séptimo lugar a nivel nacional como uno de los rubros mejor pagados⁶. Por su parte San Luis Potosí, ha construido un

⁶ <http://www.agendasinnovacion.org/wp-content/uploads/2015/01/AgendaQuer%C3%A9taro.pdf>

centro de herramientas y troqueles que diseña y fabrica insumos para el sector electrodoméstico.

De acuerdo con la Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial, el sector tiene un crecimiento aproximado de 15% anual y una generación de 50 mil empleos. Querétaro cuenta con el primer clúster aeroespacial en México⁷, lo cual ofrece ventajas para la localización de proveedores aeroespaciales que buscan alternativas más competitivas, mano de obra altamente calificada e infraestructura de clase mundial. Por otro lado, en Guanajuato y San Luis Potosí, esta industria es considerada como un nicho de oportunidad y desarrollo estratégico.

En la actualidad, existe el avance tecnológico que posibilita obtener y armar dispositivos a escala micrométrica. Esto se ha logrado a través de la fabricación de sistemas miniaturizados que están mejor integrados, poseen un creciente número de funciones, presentan un mejor desempeño y, son más inteligentes y autónomos.

Estos sistemas se utilizan en un gran número de sectores industriales por lo que, en consecuencia, se reconoce a los microdispositivos, principalmente a los microsensores, como una de las plataformas tecnológicas fundamentales para la digitalización de procesos y productos, necesaria para la adopción de la cuarta revolución industrial.

La tecnología utilizada para la fabricación de estos dispositivos se denomina Sistemas Micro Electro-Mecánicos (MEMS por sus siglas en inglés)⁸. Las dimensiones físicas críticas de los dispositivos MEMS, pueden variar desde por debajo de una micra en el extremo inferior del espectro de dimensiones, hasta varios milímetros. Asimismo, los tipos de dispositivos MEMS pueden variar de estructuras relativamente simples (que no tienen elementos móviles), a sistemas electromecánicos extremadamente complejos, con múltiples elementos móviles bajo el control de circuitos integrados (CI). Es importante mencionar que el proceso de armado y construcción de MEMS debe realizarse en cuartos limpios, en los cuales se instalan equipos de vanguardia y sistemas de ventilación sofisticados.

⁷ Bombardier Aerospace, empresa canadiense la cual se instala en el Querétaro desde 2006.

⁸ A los dispositivos diseñados y fabricados con estas tecnologías también se les conoce como MEMS.

Durante las últimas décadas los investigadores y desarrolladores de MEMS han generado un amplio número de microsensors para casi todas las modalidades posibles en la detección de temperatura, presión, fuerzas de inercia, especies y reacciones químicas y bioquímicas (BiOMEMS)⁹, campos magnéticos, efectos fotónicos¹⁰, entre otros¹¹.

No sólo es el rendimiento de los dispositivos MEMS lo que los hace excepcionales, sino también su método avanzado de manufactura, el cual aprovecha las técnicas de microfabricación por lotes, iguales a las utilizadas en la industria de Circuitos Integrados (CI), como por ejemplo en la tecnología CMOS¹², lo que se traduce en un costo de producción más bajo por cada dispositivo.

Dado que los estados involucrados en la presente Demanda tienen potencial para el desarrollo y uso intensivo de microdispositivos (microsensores, microactuadores, circuitos integrados, etc.) para su aplicación en los sectores de electrodomésticos, el automotriz y el aeronáutico, es necesario impulsar su desarrollo, ya que actualmente, estos son importados en su totalidad.

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

A nivel mundial, México se sitúa entre los primeros 15 países en la manufactura para el sector automotriz y de autopartes. En 2016 México se mantuvo en la séptima posición en la producción mundial de vehículos, detrás de India y delante de España⁵. Impulsado por esta industria, el sector de fabricación de autopartes ha experimentado un importante crecimiento en los últimos años, con una tasa anual compuesta del 15%, que se espera mantenga niveles de crecimiento del 6% anual

⁹A la tecnología MEMS enfocada en aplicaciones biomédicas (o biológicas) se le conoce como BioMEMS.

¹⁰A la tecnología MEMS enfocada en aplicaciones fotónicas también se le conoce como Sistemas Micro-Opto-Electro-Mecánicos o MOEMS por sus siglas en inglés.

¹¹Muchos de estos sensores micro-maquinados, han mostrado un desempeño superior al de sus homólogos de macro escala; es decir, la versión micro-maquinada de un transductor de presión, por poner un ejemplo, por lo general supera a un sensor de presión fabricado con las técnicas más precisas de maquinado convencional. Específicamente, la tecnología BioMEMS se ha utilizado para desarrollar microdispositivos con de alto impacto en el sector salud a través de aplicaciones como detección, análisis, diagnóstico y tratamiento médico, por mencionar algunas. Adicionalmente, la comunidad de investigación y desarrollo de MEMS ha mostrado una serie de micro actuadores, incluyendo micro válvulas para el control de flujo de gas y líquidos; interruptores ópticos y espejos para redirigir o modular los haces de luz; micro espejos; micro resonadores para numerosas aplicaciones; micro bombas para desarrollar presiones positivas en fluidos; micro alerones para modular las corrientes de aire sobre superficies de sustentación, por mencionar unos cuantos.

¹²Semiconductor complementario de óxido metálico, por sus siglas en inglés. Esta tecnología de microcircuitos es dominante para la fabricación de sistemas digitales de alto desempeño, como los microprocesadores modernos.

hasta 2020.⁵

El sector automotriz y de autopartes es uno de los sectores más importantes a nivel nacional debido al gran aporte económico que supone, en 2017 significó más de 83 millones de dólares (MDD) de la Inversión Extranjera Directa, de los cuales 66.9 MDD fueron por la fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes para vehículos automotrices.¹⁶ México cuenta con la presencia de la mayoría de las principales empresas armadoras de vehículos a nivel mundial donde destacan: BMW, Fiat Chrysler, Ford, General Motors, Honda, Mazda, Renault-Nissan, Toyota y Volkswagen así como la reciente llegada al país de Daimler.

La industria automotriz, al demandar insumos para realizar su producción, genera una derrama económica en 157 ramas de actividad de un total de 259, según la Matriz de Insumo Producto.¹³ En esta matriz, se muestran las relaciones entre las diferentes actividades de la economía, uno de los encadenamientos más fuertes de las actividades económicas es el relacionado con la fabricación de componentes electrónicos. Este encadenamiento se debe a que el mercado actual demanda automóviles con sistemas digitales inteligentes y con conectividad, que monitoreen los subsistemas de un automóvil a fin de obtener mejores garantías de seguridad, confort y eficiencia para los usuarios. Es por ello que resulta necesario la incorporación de sensores electrónicos para la digitalización de automóviles.

Para estas aplicaciones se han incluido cada vez más sensores con tecnología MEMS debido a las ventajas de integración, eficiencia y desempeño que estos conllevan. En consecuencia, la industria automotriz ha sido pionera y principal consumidor de dispositivos MEMS, se pronostica que la derrama económica sea de 15,000 MDD en 2018¹⁴. Adicionalmente, se espera que el mercado de MEMS continúe creciendo a medida que se adopten vehículos con sistemas de conducción autónoma, que incorporen tecnologías más limpias y que sean energéticamente más eficientes.

Por otro lado, en el sector de electrodomésticos¹⁵ la producción de estos enseres en el 2014 significó

¹³ INEGI. Sistema de cuentas nacionales de México. 2012

¹⁴ "Status of the MEMS industry report" Yole Développement, Mayo 2016.

¹⁵ La cadena productiva de la industria abarca a los fabricantes de partes y componentes metálicos; partes y componentes plásticos; ensamblajes electrónicos (circuitos impresos, componentes pasivos, componentes activos software embebido) y componentes

7,167 MDD, con una tasa media de crecimiento anual real de producción del 3.4%; mientras que las exportaciones alcanzaron más de 11,600 MDD. En México se encuentran 261 unidades económicas en esta industria y hay más de 63,900 empleados¹⁶.

La tecnología de los electrodomésticos ha experimentado una evolución en su consumo,¹⁷ factores como la urbanización, el aumento del ingreso per cápita entre otros, han estimulado al cambio en los patrones de consumo, como consecuencia la demanda es impulsada por el ciclo de sustitución.

Las crecientes exigencias del mercado implican reducciones permanentes en costos de producción y el incremento en la flexibilidad y agilidad en los sistemas de manufactura. En consecuencia, algunas empresas fabricantes de equipo original (OEMs¹⁸ por sus siglas en inglés) comenzaron a subcontratar empresas de servicios de manufactura (EMS¹⁹ por sus siglas en inglés). La subcontratación de procesos de manufactura permite a las empresas OEMs tener acceso a tecnologías y procesos de producción de vanguardia, reducir los requerimientos de capital de trabajo, obtener mayor flexibilidad en la producción y consolidar compras. Por ello, es necesario impulsar la investigación científica para incorporar la tecnología MEMS en procesos y productos con un mayor valor agregado.

A pesar de la aplicación y funcionalidad de los MEMS, en México, la oferta enfocada a microdispositivos que satisfaga la demanda regional de dichos sectores que requieren de esta tecnología es incipiente. Por lo cual, es necesario fortalecer las capacidades científicas y tecnológicas para innovar procesos y generar tecnologías de vanguardia.

eléctricos; ensambles eléctricos y otros materiales como son: el impreso, el de empaque y el de vidrio.

¹⁶ PROMÉXICO. Diagnóstico sectorial, Electrodomésticos, 2016.

¹⁷ En primer lugar, existe una preocupación por parte de los consumidores tanto por el aumento en el precio de los insumos actualmente utilizados, como por el calentamiento global. Es debido a esto que los consumidores prefieren electrodomésticos que sean eficientes en el uso de la energía y que causen el menor impacto ambiental posible, tanto en su utilización como en el momento de desecharlos. Un ejemplo de esto es la utilización del método de inducción para cocinar los alimentos, que permite disminuir el desperdicio energético. La tendencia de la demanda es un crecimiento en el consumo de electrodomésticos inteligentes que incluyan entre sus funciones compras automáticas de víveres, avisos automáticos a los centros de servicio cuando hay un mal funcionamiento, programación a distancia desde una computadora o teléfono móvil, así como reportes y control del consumo energético.

¹⁸ OEM: Original Manufacturing Services.

¹⁹ EMS: Electronic Manufacturing Services.

2.2 Impacto socioeconómico para la región

México cuenta con una importante industria de electrodomésticos la cual requiere proveeduría de partes y componentes metálicos y plásticos, así como ensamblés eléctricos y dispositivos (micro y macro) electrónicos, dentro los cuales, las empresas proveedoras²⁰ ubicadas en México no logran cubrir la demanda recurriendo a su importación.

En particular, en lo que se refiere a componentes electrónicos solamente se han identificado cinco proveedores nacionales y las importaciones provienen de más de 130 proveedores del extranjero. A pesar de que se han hecho esfuerzos para generar una industria sólida y madura, sin embargo, la proveeduría nacional es incipiente. Esto representa una gran oportunidad para generar tecnología propia. Al respecto, como parte de la industria nacional, la principal empresa mexicana en electrodomésticos es Mabe, que es el tercer proveedor más importante de electrodomésticos en toda América Latina²¹.

Asimismo, ProMéxico realizó un estudio de la demanda de los procesos y componentes necesarios en la fabricación de refrigeradores en México. Como parte de los hallazgos, se estima que cerca del 61.2% de la proveeduría se importa, lo que representa grandes oportunidades para la inversión.¹⁸

Respecto al sector automotriz, en la Región Centro, la industria automotriz ha experimentado un alto crecimiento, de 2008 a 2013 alcanzó el 16% anual⁵; los estados por separado no ocupan los primeros puestos, sin embargo, en conjunto son de gran importancia en el país; en este sentido se espera que con el impulso y fortalecimiento de la infraestructura científica y tecnológica la región se consolide.

²⁰ En México, existen diversas empresas extranjeras que se consideran como casos de éxito en esta industria, entre ellas destacan: Whirlpool, LG, Samsung, Fagor/Onnera Group, Daewoo.

²¹ La compañía diseña, produce y distribuye productos bajo las marcas General Electric, Easy, IEM y Mabe. Sus operaciones comerciales y de manufactura se encuentran en Canadá, México, Centroamérica, Brasil, Argentina, Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Chile. Cuenta con 15 plantas de producción en el mundo (8 se encuentran en México y el resto en América Latina y Canadá) y tiene un centro de tecnología en la ciudad de Querétaro. Exporta a más de 70 países y es el principal exportador de productos de línea blanca a Estados Unidos, gracias a su alianza regional con General Electric. Además de Mabe también están otras importantes empresas de esta industria tales como Koblenz, Industrias Man de México, Gestar Electrodomésticos, entre otras.

En el estado de Puebla, la industria automotriz²² es uno de los sectores con mayor desarrollo económico, representa alrededor del 80% del PIB estatal. Para el año 2012, la industria automotriz representó el 47.2% de participación en la industria manufacturera en el PIB estatal, con una tasa anual de crecimiento del 16.4%²³. Asimismo, en términos del PIB nacional contribuyó con el 3.6% en el 2015, ocupando el noveno lugar en participación productiva.

Derivado de lo anterior, y considerando la ubicación privilegiada de la región, su infraestructura y una completa red de comunicaciones, existe una gran oportunidad para desarrollar localmente componentes electrónicos competitivos para esta industria.

El posicionamiento de empresas extranjeras en la región²⁴ representa la demanda potencial de tecnología de MEMS; con lo cual, la creación de infraestructura para atenderla se vuelve indispensable. Esto generará impactos positivos en la productividad y competitividad de la región.

2.3 Contribución para la integración de la región

La industria en el centro del país es una de las más importantes a nivel nacional, en gran parte por la concentración en Querétaro de los parques y clústeres²⁵ consolidados en los sectores automotriz

²² Se prevé que las ensambladoras de vehículos Audi y Volkswagen produzcan un millón de autos al año. La planta de Volkswagen continúa siendo, por su nivel de producción, el complejo automotriz más grande de América del Norte, además, es la segunda más grande en Volkswagen. La proyección de la empresa hacia el futuro es la de una empresa sólida, referente en innovación tecnológica de producción y procesos sostenibles. Por otra parte, Audi de México será la primera fábrica de automóviles en el continente americano, en donde la inversión será superior a los 900 millones de euros. Aunado a lo anterior, el sector de proveeduría de primer nivel en Puebla es altamente competitivo ya que se han realizado inversiones de empresas transnacionales en el ramo vinculadas a empresas automotrices. En el caso de la proveeduría de segundo y tercer nivel, hay una incipiente dinámica de empuje con otras empresas de menor tamaño. Sin embargo, la mayoría de las empresas integradas a la cadena de proveedores no son nacionales, lo cual aumenta los costos por conceptos de importaciones.

²³ Agenda de Innovación de Puebla disponible en: <http://www.agendasinnovacion.org/>.

²⁴ Durante los últimos años el sector Aeronáutico en México se ha convertido en un sector prioritario para varios gobiernos estatales debido a al uso intensivo de mano de obra calificada y por lo tanto bien remunerada. En particular, en Querétaro la industria aeroespacial ha tenido un gran crecimiento, pues de acuerdo con la Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial, el sector tiene un crecimiento de poco más del 15% anual y una generación de 50 mil empleos. Disponible en: Secretaría de Economía. PROMÉXICO. Mapa de Ruta del Sector Aeroespacial para la región Querétaro. 2017.

²⁵ Los parques o clústeres industriales son una concentración regional de empresas e instituciones asociadas que operan en industrias similares o relacionadas. Se asume que estos clústeres aumentan la competitividad de las empresas e incrementan la capacidad de innovación regional mediante las ventajas que estos conllevan, como son: tiempos de transporte menores, derramas económicas y de conocimiento y una infraestructura que atrae a proveedores especializados y trabajadores altamente capacitados, Elisabeth F. Mueller & Carola Jungwirth (2016). "What drives the effectiveness of industrial clusters? Exploring the impact of contextual, structural and functioning determinants", *Entrepreneurship & Regional Development*, 28:5-6, 424-447.

y aeroespacial. En concordancia, los sectores de mayor impacto del estado para la economía mexicana son el Automotriz, Aeroespacial y de Electrodomésticos. Con respecto a Guanajuato, en estos sectores se encuentra, de reciente creación, el Clúster Automotriz de Guanajuato (CLAUGTO) formado por empresas, instituciones educativas y gubernamentales. Además, Puebla se encuentra en el primer lugar del PIB sectorial y en valor agregado en la fabricación de automóviles, camionetas y fabricación de partes de sistemas de frenado para vehículos²².

Se considera que el establecimiento de una infraestructura de investigación y desarrollo en microdispositivos, que esté estrechamente vinculada a empresas, fomentará el desarrollo e incremento de la competitividad de los sectores estratégicos de la Región Centro. Se espera, a través de la atención de la presente Demanda, generar plataformas tecnológicas basadas en infraestructura de diseño y fabricación de microdispositivos para el sector industrial de la región, que cuente con los recursos científicos y tecnológicos necesarios en MEMS, BioMEMS y CI y que establezca un punto en común para la transferencia de tecnología entre centros de investigación y empresas.

Derivado de lo anterior, se espera que la derrama económica en la región se incrementé mediante la formación de profesionales especializados, el aumento de empleos y la disminución de la importación de servicios y productos de alto valor agregado que requieren MEMS. La oferta de servicios de manufactura avanzada en microdispositivos hará más atractivos a los parques y clústeres de la región para la inversión nacional y extranjera. La disminución de la dependencia en tecnologías de vanguardia intensificará las capacidades de innovación de industrias clave y ayudará a incubar aplicaciones de microdispositivos en industrias en consolidación. Finalmente, la plataforma en fabricación de microdispositivos capacitará a personal en especialidades de alto nivel que significará un recurso regional que atraerá a más industrias y que incrementará el bienestar social.

A partir de este análisis, se destaca la importancia de propiciar la colaboración regional entre las entidades que encabezan la presente Demanda a través del fortalecimiento de la infraestructura científica y tecnológica del sector automotriz, aeronáutico y de electrodomésticos, considerando las capacidades de cada una de estas a fin de atenuar las asimetrías de los sistemas locales de ciencia, tecnología e innovación, y consolidar la oferta regional de MEMS.

2.4 Necesidad, relevancia o pertinencia de atender la Demanda

De acuerdo con el INEGI, la Región Centro ha presentado un crecimiento económico sostenido que hoy alcanza una décima parte del PIB nacional; lo que es resultado del desarrollo fabril impulsado principalmente por la industria automotriz.⁵ Para impulsar su crecimiento, la industria depende de tecnologías que introduzcan un valor agregado en sus productos o procesos para poder mantener su competitividad en mercados abiertos internacionalmente. En este ámbito, la cuarta revolución industrial (o industria 4.0) es un factor predominante que obliga a la industria a innovar y adaptarse a cambios a gran escala y a toda velocidad.

En la actualidad, la tecnología MEMS es una de las principales plataformas técnicas para establecer los mecanismos de una industria 4.0 y el impacto de su implementación conduce rápidamente a avances significativos, principalmente en la industria automotriz, aeroespacial, de tecnologías de información, energía y salud.²⁶ Desde el punto de vista industrial, la fabricación de microdispositivos MEMS requiere de infraestructura especialmente diseñada como son cuartos limpios, dónde se procesen materiales especializados y cuente con equipo de vanguardia, esto implica altos costos operativos y de inversión prohibitivos incluso para instituciones de alcance nacional. Al respecto, la infraestructura de MEMS en México se encuentra concentrada en la academia, la cual posee personal especializado en esta tecnología pero sin la infraestructura para fabricar dispositivos MEMS en lotes, que estén encapsulados para su uso en campo y que presenten altos porcentajes de rendimiento²⁷, todos estos elementos esenciales en servicios tecnológicos enfocados a la industria.

Adicionalmente, la Región Centro concentra inversiones, de carácter público y privado, que han resultado tanto en un crecimiento económico sostenido, como en la concentración de empresas de alto impacto en los sectores automotriz, aeronáutico y de electrodomésticos, las cuales, además de la manufactura de teléfonos inteligentes, son las principales consumidoras de tecnología MEMS a

²⁶ Status of the MEMS industry report, Yole Développement, Mayo 2016. “Los microsensores MEMS forman parte fundamental de las soluciones tecnológicas de adquisición de información en casi cualquier sector por lo que su mercado estimado a 15 mil millones de dólares en 2018, continua creciendo 1.3 mil millones cada año”.

²⁷ El rendimiento (*yield*), define la cantidad de dispositivos funcionales, que cumplen las especificaciones deseadas, que se obtuvieron de un lote de fabricación.

nivel mundial²⁸.

Por tal motivo, es necesaria la generación de plataformas tecnológicas con vínculos académico-industrial para la fabricación de dispositivos MEMS y consolidar nuevos protocolos de diseño, fabricación y validación de microdispositivos. Esto se traduce en el incremento de las capacidades de desarrollo de tecnología nacional y permite asegurar la ejecución exitosa de proyectos que capitalicen los avances científicos en MEMS.

3. Finalidad y propósito de la presente Demanda

3.1 Finalidad

Fortalecer las plataformas tecnológicas para el diseño y fabricación de microdispositivos, a fin de disminuir sus importaciones, generando tecnología a nivel nacional que, a su vez, incida directamente en la cadena de valor de industrias de alta tecnología como la automotriz y de autopartes, electrodomésticos y aeronáutica, así como otras industrias.

3.2 Propósito

Consolidar el diseño y producción de microdispositivos mediante el fortalecimiento de la infraestructura científica y tecnológica que impulse la oferta y demanda regional de MEMS en diversas industrias en los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Puebla, Querétaro y San Luis Potosí.

4. Objetivo General

Generar plataformas tecnológicas para el diseño y producción de microdispositivos que ofrezcan soluciones tecnológicas y servicios especializados a las empresas del sector automotriz y de autopartes, de electrodomésticos y aeronáutica que a su vez fortalezca la formación de recursos humanos de alto nivel en los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Puebla, Querétaro y San Luis Potosí.

²⁸ Fuente: "Status of the MEMS industry report" Yole Développement, Mayo 2017.

4.1 Objetivos específicos

Objetivos específicos	Modalidad
<p>I. Desarrollar un Proyecto Ejecutivo para la adecuación/ampliación y equipamiento de áreas de cuarto limpio de no menos 800 m², que cumpla con las especificaciones técnicas a nivel internacional para la fabricación de microdispositivos orientados a aplicaciones industriales y académicas. Para dicho Proyecto Ejecutivo habrá de considerar equipo y materiales para la puesta en marcha de los siguientes procesos de fabricación y caracterización de microdispositivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Fotolitografía (fabricación de máscaras, alineación, exposición y revelado). b) Procesamiento químico (limpieza y grabados húmedos). c) Depósito físico de vapor. d) Depósito químico de vapor. e) Grabado seco. f) Oxidación térmica seca y húmeda. g) Proceso de dopado de silicio por difusión o implantación. h) Caracterización de microdispositivos (dimensional, eléctrica y óptica). i) Pulido químico-mecánico de obleas. j) Alambrado de chips. 	<p>I. Investigación científica y tecnológica, básica y aplicada.</p>
<p>II. Adecuar/ampliar, equipar, instalar y poner en funcionamiento infraestructura para la fabricación de microdispositivos orientados a aplicaciones industriales y académicas, 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>III. Diseñar e implementar un mecanismo de colaboración entre la academia y la industria automotriz, de electrodomésticos y aeroespacial para la implementación de microdispositivos en productos o procesos.</p>	<p>I. Investigación científica y tecnológica, básica y aplicada.</p>
<p>IV. Desarrollar un plan estratégico que defina las líneas de acción a fin que el proyecto sea autosustentable a mediano y largo plazo.</p>	<p>I. Investigación científica y tecnológica, básica y aplicada.</p>

<p>V. Formar grupos multidisciplinarios para la investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación en el área de microdispositivos con tecnologías MEMS, BioMEMS y CI.</p>	<p>III. Formación de capital humano especializado.</p>
<p>VI. Articular una oferta académica, que complemente programas de excelencia dentro de las instancias solicitantes y/o externas, especializada en el tema de diseño y fabricación de microdispositivos.</p>	<p>III. Formación de capital humano especializado.</p>
<p>VII. Diseñar, desarrollar e implementar programas de capacitación a diferentes niveles, de acuerdo con las necesidades de los sectores de electrodomésticos, automotriz y de autopartes y aeroespacial para fortalecer las competencias académicas.</p>	<p>I. Investigación científica y tecnológica, básica y aplicada.</p>
<p>VIII. Desarrollar un plan de negocios que considere el diagnóstico de proveedores y clientes, de manera que fortalezca la cadena de valor de microdispositivos integrada a la industria automotriz y de autopartes, de electrodomésticos y aeroespacial.</p>	<p>I. Investigación científica y tecnológica, básica y aplicada.</p>
<p>IX. Diseñar y elaborar un catálogo de servicios especializados en el área de microdispositivos con tecnologías MEMS, BioMEMS y CI.</p>	<p>I. Investigación científica y tecnológica, básica y aplicada.</p>
<p>X. Difundir y divulgar, mediante la participación en eventos o talleres regionales y nacionales, los productos y servicios ofertados.</p>	<p>V. Planeación, difusión y divulgación.</p>
<p>XI. Difundir y divulgar la oferta educativa para la formación de capital humano en temas relacionados al diseño y fabricación de microdispositivos.</p>	<p>V. Planeación, difusión y divulgación.</p>

5. Productos esperados

- I. Proyecto Ejecutivo para la adecuación/ampliación y equipamiento de la infraestructura física que incluya: diseño de instalaciones, inventario de equipo 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 procesos señalados en el Objetivo Específico I, los materiales necesarios para la correcta instalación de los equipos y subsistemas y protocolos de seguridad en la operación del laboratorio, en el manejo de insumos y la disposición de residuos químicos.
- II. Áreas de cuarto limpio de no menos de 800 m² adecuadas/ampliadas, equipadas, instaladas y en funcionamiento, que cumpla con las especificaciones técnicas a nivel internacional para la fabricación de microdispositivos orientados a aplicaciones industriales y académicas, de acuerdo con el proyecto ejecutivo descrito como producto esperado I.
- III. Manual de manejo y monitoreo de instalaciones en cuartos limpios, así como la utilización de equipos especializados para los procesos de fabricación de microdispositivos. De igual forma, manuales de protocolos de manejo de materiales y sustancias químicas durante procesos.
- IV. Plan estratégico que defina las líneas de acción durante la ejecución del proyecto con el objetivo de preparar las condiciones de una operación autosustentable a mediano y largo plazo.
- V. Mecanismo de colaboración entre la academia y la industria automotriz y de autopartes, de electrodomésticos y aeroespacial para la implementación de microdispositivos en productos o procesos.
- VI. Convenios de colaboración con la industria (automotriz y de autopartes, de electrodomésticos y aeroespacial), tecnólogos y académicos, que permitan desarrollar microdispositivos con tecnologías MEMS, BioMEMS y CI.
 - a. Al menos dos Convenios de vinculación con empresas.
 - b. Tres Convenios de Colaboración con Consorcios CONACYT.
 - c. Tres Convenios de Colaboración formalizados con instituciones académicas de los estados involucrados en la Demanda.

- VII. Al menos tres grupos multidisciplinarios integrados, registrados y formalizados para el desarrollo de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación enfocados al área de microdispositivos con tecnologías MEMS, BioMEMS y CI.
- VIII. Desarrollo de al menos dos cursos especializados para la impartición de asignaturas relacionadas a tecnologías MEMS, BioMEMS o CI dentro de programas de posgrado y/o especialidades en el tema de diseño y fabricación de microdispositivos.
- IX. Plan de capacitación para el personal de instituciones participantes que contemple el óptimo uso y resguardo del equipo.
- X. Diseño de al menos tres cursos de capacitación para la generación de capacidades en tecnologías y aplicación de procesos MEMS, BioMEMS o CI enfocadas a la industria.
- XI. Informe de análisis de resultados de la evaluación de los cursos especializados y de capacitación impartidos.
- XII. Plan de negocios que considere el diagnóstico de proveedores y clientes, para ofertar servicios y productos derivados del diseño y fabricación de microdispositivos a la industria automotriz y de autopartes, de electrodomésticos y aeroespacial. Para ello se deberá establecer:
 - a. Al menos dos contratos formalizados.
 - b. Registro de propiedad intelectual de diseño de microdispositivos o procesos aplicables a la tecnología MEMS, BioMEMS o CI.
- XIII. Un catálogo en el que se especifiquen todas las características de los productos y servicios ofertados.
- XIV. Al menos un seminario nacional para presentar la oferta educativa, avances y resultados sobre el diseño y fabricación de productos y servicios científicos y tecnológicos.
- XV. Publicación del reporte de investigación sobre los aspectos metodológicos y técnicos del proyecto.
- XVI. Publicación y divulgación de dos reportes de investigación sobre los avances y resultados del proyecto en el diseño y fabricación de microdispositivos con tecnologías MEMS, BioMEMS o CI.

6. Indicadores de resultados e impacto

- i. Número de servicios ofertados, respecto a las necesidades del mercado, en el tema de diseño y fabricación de microdispositivos con tecnologías MEMS, BioMEMS o CI.
- ii. Número de contratos o cartas de intención formalizados para la venta de servicios relacionados a tecnologías MEMS, BioMEMS o CI por entidad y tipo de institución.
- iii. Variación del valor de los servicios y productos ofertados respecto de la demanda potencial.
- iv. Número de registros de propiedad intelectual como resultado del diseño y fabricación de microdispositivos con tecnologías MEMS, BioMEMS o CI anual.
- v. Proyección de la reducción de costos de los procesos de diseño y fabricación de microdispositivos con tecnologías MEMS, BioMEMS o CI.
- vi. Cadenas de valor integradas con base en el fortalecimiento de microdispositivos con tecnologías MEMS, BioMEMS o CI.

7. Tiempo de ejecución

El proyecto tendrá una duración máxima de 36 meses.

8. Consideraciones Particulares

- a) El proyecto deberá estructurarse al menos en tres etapas subsecuentes, en las que se indiquen las actividades y resultados esperados por etapa.
- b) Sólo se apoyará una propuesta y el monto máximo que se podrá solicitar al FORDECYT, a través de la presente Demanda, es de \$ 25'000,000.00 (veinticinco millones de pesos 00/100 M.N.) para la ejecución del proyecto.
- c) El proyecto deberá de contar con una aportación concurrente líquida de al menos \$5'000,000.00 (cinco millones de pesos 00/100 M.N.) por parte de los usuarios y/o beneficiarios. Previo al depósito de la primera ministración por parte del FORDECYT, se deberá depositar al menos el 30% del total de la concurrencia líquida en la cuenta que se abra para el desarrollo del proyecto y deberá completarse el total de la concurrencia antes

de la última ministración. Para ello, se deberá incluir como anexo a la solicitud, una carta firmada donde se establezca el compromiso de realizar la aportación concurrente total por parte de los usuarios y/o beneficiarios.

- d) La solicitud deberá incluir como anexo, los documentos que acrediten la propiedad o posesión de inmueble(s) de al menos 800 m² disponibles para la ejecución del proyecto. 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.

Cualquier otro instrumento legal de acreditación de la propiedad o de la posesión deberá informarse al FORDECYT y presentar la evidencia documental correspondiente para ser revisada y validada por las instancias que se consideren pertinentes.

- e) Se deberá incluir como anexo en la solicitud que se capture en el Sistema de Fondos, un desglose financiero en formato libre que detalle y justifique cada uno de los rubros del presupuesto en función de las actividades a desarrollar para generar los productos entregables.
- f) Anexo a la solicitud, se deberá incluir un análisis de los riesgos técnicos del proyecto que contemple posibles escenarios negativos que pudieran afectar el desarrollo de este, así como las estrategias de contingencia que el solicitante prevé ejecutar para solventar dichas situaciones.
- g) Anexo a la solicitud, se deberá incluir una carta de al menos tres de los usuarios asociados en donde se manifiesta que conocen la solicitud y están decididos a apoyar ésta en caso de que resulte aprobada.
- h) Como parte del presupuesto, la solicitud deberá asignar un monto para la auditoría financiera del proyecto.
- i) La solicitud deberá redactarse con lenguaje claro y conciso, de manera que la Instancia de

Evaluación pueda disponer de manera ágil y ordenada de información suficiente para emitir su dictamen.

- j) La solicitud deberá atender la Demanda en su totalidad. Para ello deberá incluir un documento en formato libre como anexo, con un máximo de 30 cuartillas
- k) Se deberá comprobar la capacidad legal, técnica y financiera para realizar el proyecto.
- l) La solicitud deberá incluir como anexo, un documento que compruebe la experiencia de la(s) institución(es) participante(s) en el desarrollo de procesos de fabricación de microdispositivos. (esto puede incluir proyectos de investigación y desarrollo vigentes en las áreas mencionadas), así como con programas de posgrado.

9. Datos de Contacto de los usuarios

Entidad federativa	Nombre del contacto del enlace	Institución	Teléfono/Correo electrónico
Querétaro	Ing. Marco Antonio del Prete Tercero.	Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro (SEDESU).	Tel. (442)211 68 00 Ext. 2000 mdelprete@queretaro.gob.mx
Aguascalientes	C.P. Luis Ricardo Martínez Castañeda.	Secretaría de Desarrollo Económico (SEDEC).	Tel. (449)910 26 11 Ext. 5914 ricardo.martinez@aguascalientes.gob.mx
Guanajuato	Dr. Arturo Lara López.	Secretaría de Innovación, Ciencia y Educación Superior (SICES).	Tel. (472)103 30 45 alaralo@guanajuato.gob.mx
Puebla	Lic. Jaime Raúl Oropeza Casas.	Secretaría de Competitividad, Trabajo y Desarrollo Económico (SECOTRADE).	Tel. (222)229 82 00 secotrade@puebla.gob.mx
San Luis Potosí	Lic. Gustavo Puente Orozco.	Secretaría de Desarrollo Económico (SEDECO).	Tel. (444)834 36 00 sedeco_gpuente@slp.gob.mx