



AGENDA DE INNOVACIÓN DE BAJA CALIFORNIA

DOCUMENTOS DE TRABAJO

4.4. ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN:

INDUSTRIA AEROESPACIAL

Contenido

1.	Introducción	6
1.1.	Introducción a criterios de priorización utilizados	6
1.2.	Aplicación de criterios para la selección de áreas de especialización	6
1.3.	Áreas de especialización seleccionadas y gráfico representativo de la agenda	7
2.	Caracterización del área de especialización en el estado y en el contexto nacional.	8
2.1.	Breve descripción del área de especialización	8
2.2.	Distribución del área de especialización en México.....	10
2.2.1.	Cadena de valor y de suministros del área de especialización	19
2.3.	Posicionamiento del estado en el área de especialización	20
2.3.1.	Relevancia económica, política y social del área de especialización	24
2.4.	Principales tendencias de la innovación en el área de especialización a nivel mundial.....	25
2.4.1.	Nuevas tecnologías de propulsión	25
2.4.2.	Mitigación en las emisiones de ruido	27
2.4.3.	Desarrollo de nuevas fuentes de energía.....	27
2.4.4.	Aviónica (electrónica de vuelo)	28
2.4.5.	Nuevos materiales y procedimientos no tradicionales de conformado	28
2.4.6.	Factores humanos	29
3.	Breve descripción del ecosistema de innovación.....	31
3.1.	Mapa de los agentes del ecosistema de innovación	31
3.2.	Principales IES y centros de investigación y sus principales líneas de investigación	32
3.2.1.	Instituciones de Educación Superior	32
3.2.2.	Centros de investigación	34
3.3.	Empresas y asociaciones empresariales del sector.....	36
3.4.	Evolución de apoyos en el área de especialización.....	38
4.	Análisis FODA del área de especialización	40

4.1.	Fortalezas.....	40
4.2.	Oportunidades.....	41
4.3.	Debilidades	41
4.4.	Amenazas.....	41
5.	Marco estratégico y objetivos del área de especialización.....	42
6.	Nichos de Especialización	43
6.1.	Certificación de proveedores: actuales y potenciales.....	43
6.2.	Desarrollo de materiales avanzados para el sector Aeroespacial.....	44
6.3.	Capacidades técnicas avanzadas	44
7.	Caracterización de proyectos prioritarios y plan de proyectos	45
7.1.	Programa de certificación para la proveeduría local	45
7.2.	Programa de desarrollo de materiales avanzados	49
7.3.	Programa de Investigación Colaborativa Binacional sobre materiales avanzados (CANFSA- Center for advanced non ferrous structural alloys)	51
7.4.	Centro de Entrenamiento Técnico Aeroespacial Mexicali (CETAM)	53
7.5.	Desarrollo de proveedores especializados de alto valor para la industria	56
7.6.	Proyectos complementarios.....	58
7.7.	Matriz de proyectos.....	60
	Referencias consultadas	62
	Apéndices	66
	Apéndice A: Listas de asistencia al taller sectorial.....	66

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Áreas de Especialización en Baja California.....	8
Ilustración 2. Valor del mercado mundial aeroespacial	10
Ilustración 3. Balanza comercial Industria Aeronáutica (millones de dólares)	11
Ilustración 4. Histórico de personal ocupado en la Industria Aeroespacial en México	13
Ilustración 5. Estructura de la Industria Aeroespacial en México: actividad empresarial ...	14
Ilustración 6. Distribución de las empresas del sector aeroespacial en los municipios del estado	23
Ilustración 7. Mapa de los agentes del ecosistema de innovación	32
Ilustración 8. Distribución de matrícula entre las principales universidades del sistema científico-tecnológico en Baja California	34
Ilustración 9. Distribución de matrícula de estudios de posgrado en ciencias de la salud, agropecuaria, naturales y exactas así como ingeniería y tecnología	35
Ilustración 10. Histórico de la participación de Baja California en los Fondos Mixtos en comparación con la media nacional	39
Ilustración 11. Número de proyectos apoyados por los Fondos Mixtos en Baja California en comparación con la media nacional	39
Ilustración 12. Mapa de ruta Programa de certificación para la proveeduría local	48
Ilustración 13. Mapa de Ruta, Programa de desarrollo de materiales avanzados	51
Ilustración 14. Mapa de ruta, Programa de Investigación Colaborativa Binacional sobre materiales avanzados (CANFSA)	53
Ilustración 15. Mapa de ruta, Centro de Entrenamiento Técnico Aeroespacial Mexicali (CETAM)	55
Ilustración 16. Mapa de ruta, Desarrollo de proveedores especializados de alto valor para la industria	58

Índice de tablas

Tabla 1. Valor de los principales productos exportados por el sector Aeroespacial entre 2008 y 2001 (millones de dólares)	12
Tabla 2. Número de proveedores de los principales OEM con presencia en México.....	15
Tabla 3. La Industria Aeroespacial en México: ubicación y distribución geográfica	16
Tabla 4. Principales clústeres de la Industria Aeroespacial en México	17
Tabla 5. Histórico del número de empresas aeroespaciales localizadas en México de 2005 a 2011	18
Tabla 6. Empresas emblemáticas de la Industria Aeroespacial en el estado.....	21
Tabla 7. Principales tendencias de la innovación en la Industria Aeroespacial	30
Tabla 8. Centros de investigación en Baja California	34
Tabla 9. Posición mundial de empresas establecidas en Baja California	36
Tabla 10. Relación de asociaciones empresariales del sector Aeroespacial en Baja California	37
Tabla 11. Matriz de proyectos del área de especialización Industria Aeroespacial.....	60

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción a criterios de priorización utilizados

La **Agenda Estatal de Innovación de Baja California** tiene por objetivo identificar las principales áreas estratégicas en materia de innovación, para ser desarrolladas en los próximos años. El documento se integra por las **Agendas Sectoriales de Innovación**, correspondientes a cada *Área de Especialización* (sector económico), definida para el Estado, en función del desarrollo de capacidades que fomenten el mejoramiento de las condiciones económicas, políticas, educativas, sociales y ambientales de la población.

A su vez, las **Agendas Sectoriales** desarrollan las líneas de innovación para fortalecer cada *Área de Especialización* e impulsar los *Nichos* identificados, mediante la propuesta de proyectos específicos, apoyada en los recursos de la entidad.

La **Agenda Sectorial de Innovación en Industria Aeroespacial de Baja California** tiene por objetivo identificar los ejes estratégicos de acción para detonar actividades de innovación; para ello se toma en cuenta la vocación del Estado y las oportunidades de mercado que se vislumbran. Como resultado, se proponen *Nichos de Especialización* y proyectos específicos acordes con las fortalezas detectadas en materia de infraestructura, recurso humano, localización geográfica y capacidades tecnológicas para promover la innovación empresarial y la diversificación productiva con una perspectiva de mediano y largo plazo.

La participación del Comité de Gestión en la selección de las áreas fue relevante, sobre todo al proponer algunos rubros que no son considerados de alta importancia económica, pero que por su trascendencia en la política de desarrollo del estado se les considera como un elemento importante dentro de la Agenda.

1.2. Aplicación de criterios para la selección de áreas de especialización

El punto de partida fue el reconocimiento de problemas y oportunidades para el desarrollo competitivo del Estado para, en función de éstos, priorizar la generación y aplicación de conocimiento en plataformas tecnológicas dentro de áreas de especialización que pudieran

impactar la solución de problemas críticos del área, así como en el aprovechamiento de las oportunidades percibidas y jerarquizadas por los actores del ecosistema de innovación.

Para la selección de Áreas de Especialización se usó un modelo de priorización basado en indicadores económicos, sociales, de oportunidad de mercado y de desarrollo tecnológico (capacidades físicas y humanas, así como la experiencia y vocación del estado).

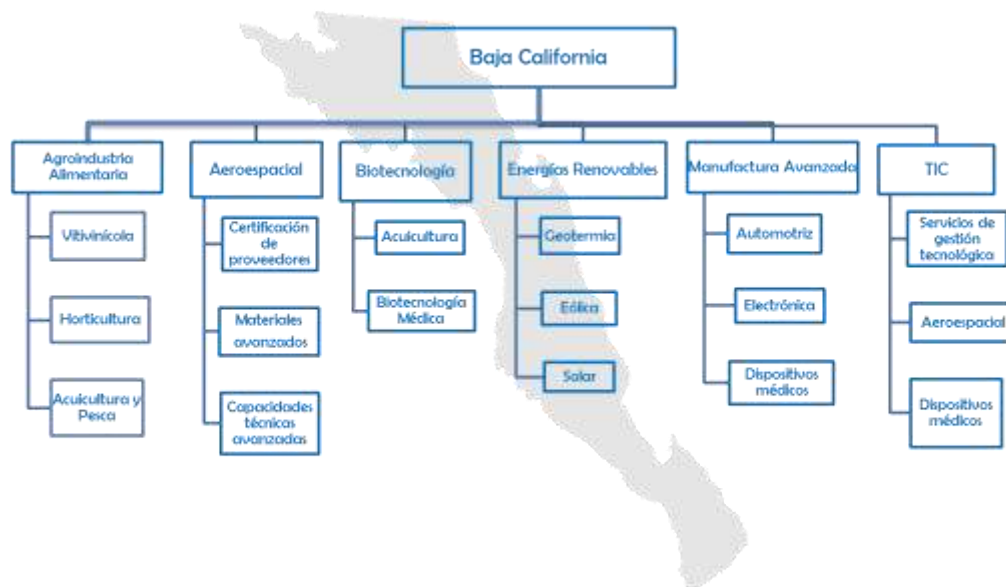
En las ocasiones en las que la valoración era eminentemente cualitativa, la decisión se tomó mediante un análisis específico del Comité de Gestión en función de la pertinencia para el Estado y dicha decisión fue validada por el Consejo Consultivo.

1.3. Áreas de especialización seleccionadas y gráfico representativo de la agenda

A través de la Agenda Estatal de Innovación, con cada uno de los sectores se busca hacer recomendaciones de política en materia de innovación y desarrollo tecnológico que ayuden a cerrar las brechas de desventajas en cada uno de los sectores. Así como promover un crecimiento inteligente, basado en el conocimiento y la innovación, un crecimiento sustentable, promoviendo una economía verde, eficiente y competitiva y un crecimiento incluyente, fomentando un alto nivel de empleo y logrando una cohesión económica, social y territorial.

Los sectores seleccionados por el Comité de Gestión y el Grupo Consultivo del estado de Baja California como áreas de especialización para el desarrollo de la Agenda Estatal de Innovación son:

Ilustración 1. Áreas de Especialización en Baja California



Fuente: CamBioTec, A. C., 2014

2. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN EN EL ESTADO Y EN EL CONTEXTO NACIONAL

2.1. Breve descripción del área de especialización

A la industria que concentra las actividades productivas destinadas al diseño y construcción de maquinaria y equipos con capacidad de vuelo (aeronaves), se le refiere de forma indistinta como Industria Aeroespacial. Esta industria se ha caracterizado históricamente por el secreto que rodea muchas de sus operaciones, especialmente las de Investigación y Desarrollo; es por ello que suele presentar en su organización un alto nivel de integración vertical y una jerarquía muy marcada en la cadena productiva.

Existen diferentes maneras de clasificar las áreas que integran a la Industria Aeroespacial, de entre ellas se tiene (FEMIA, 2012), (AEM, 2014):

Desde la perspectiva de sus distintos segmentos o niveles de producción en la cadena de valor:

- **Las empresas integradoras “OEM’s”** (*Original Equipment Manufacturer*). Dedicadas al diseño, ensamblaje o manufactura de las aeronaves.
- **Contratistas de primera línea “Tier 1”** Dedicadas al ensamble mayor de sistemas primarios de las aeronaves (hidráulico, neumático, tren de aterrizaje, motores) y manufactura de secciones de aeronave sin diseño o ensamble final.
- Los **subcontratistas “Tier 2”**. Fabricación de componentes maquinados y subensambles de diversos sistemas primarios y secciones menores.
- **Proveedoras de tercer nivel y de servicios de mantenimiento**. Producción especializada de elementos y componentes menores bajo procesos específicos no complejos.

Desde la óptica de los productos fabricados:

- **Sistemas y estructuras:** sistemas completos y/o células para aviones, helicópteros y planeadores, instalaciones en el suelo, subsistemas y partes, piezas sueltas y mantenimiento.
- **Motores y sus partes:** motores de explosión, turbo propulsores, turborreactores, sus partes, piezas sueltas y mantenimiento, destinados al montaje en los sistemas de aeronaves.
- **Equipos (sistemas eléctricos-electrónicos y aviónica):** productos acabados, subsistemas y partes, piezas sueltas incluidos equipos destinados al montaje en los sistemas de aeronaves y simuladores de pruebas y de entrenamiento en el suelo.
- **Otros:** componentes para el sector espacial, misiles y armamento en general.

En relación con la fabricación, se desarrolla asimismo una industria auxiliar destinada al mantenimiento, reparación y modificación de aeronaves. Este segmento es conocido como MRO (*maintenance, repair, and operations*) y abarca un gran número de actividades que se pueden clasificar en cuatro rubros (COLEF, 2006):

- Distribuidores de partes y componentes. Empresas que mantienen inventarios de partes y componentes para la venta, como refacciones para los aviones. En ocasiones con soporte de los fabricantes.
- Talleres de reparación mayor y modificación de aeronaves. Servicios que implican poner las aeronaves en tierra por periodos largos para mantenimiento

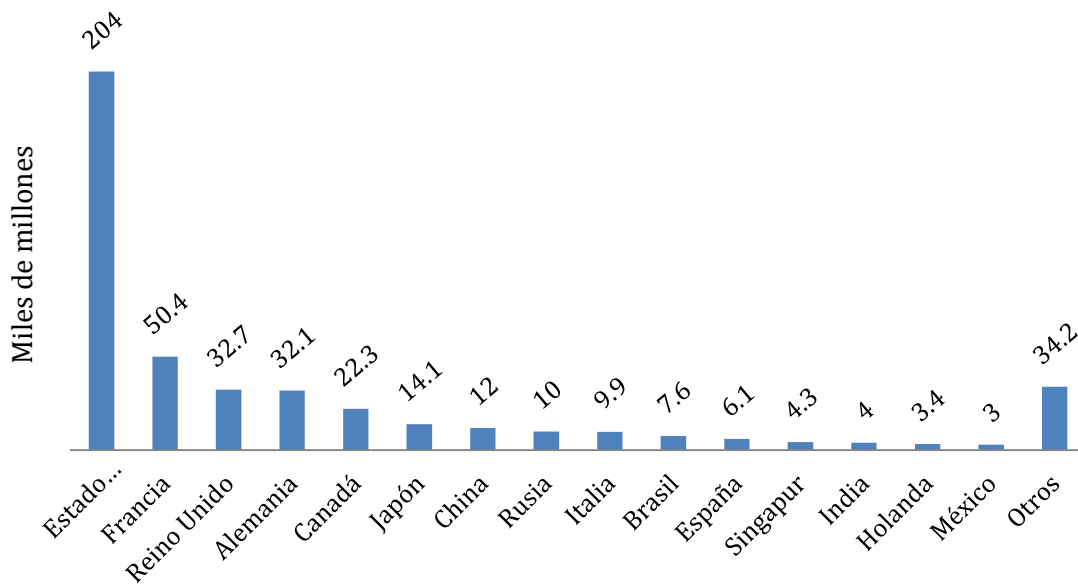
mayor, por ejemplo el desmantelamiento de aviones (hasta quedar la estructura básica) para inspección total.

- Talleres de reparación de componentes mayores de aeronaves. Dedicados a reparar los componentes principales del avión como tren de aterrizaje, motores, control de vuelo, entre otros.
- Talleres de reparación de componentes menores de aeronaves. Servicios complementarios como reparación de asientos, cocinas, baños, fabricación de nuevos interiores para cabina de pasajeros, instalación de nuevos sistemas de navegación o de seguridad aérea.

2.2. Distribución del área de especialización en México

De acuerdo con el estudio de Aero Strategy (DELOITTE, 2009), el valor del mercado mundial aeroespacial ascendía a **450 mil millones de dólares en 2008**. Poco menos de la mitad corresponde a las ventas de productos estadounidenses (45% del valor mundial), sin embargo en la escena mundial están creciendo países como China, Brasil, India, Singapur y México que, en su conjunto, representan el 7% de la industria global en ventas.

Ilustración 2. Valor del mercado mundial aeroespacial

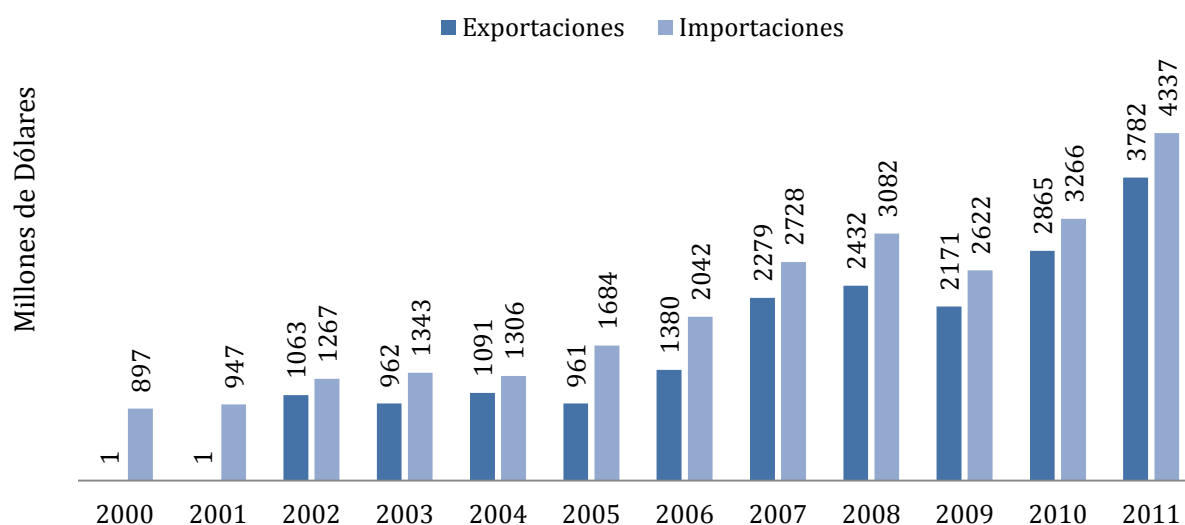


Fuente: (DELOITTE, 2009)

Los centros más importantes de desarrollo industrial aeroespacial son dos: Norteamérica (Estados Unidos y Canadá) y Europa Occidental (principalmente Francia, Alemania y el Reino Unido). Actualmente, cerca del **45%** de las inversiones mundiales totales en el mundo se destinan a actividades de **mantenimiento y reparación (MRO)**; el **36%** al **sector manufacturero**, y el **19%** a **tareas en Ingeniería e Investigación y Desarrollo**.

La Industria Aeroespacial mexicana es joven y dinámica, nació a inicios del siglo XXI y en promedio, ha crecido **20%** anual en los últimos años. En 2010 las exportaciones de la industria fueron de 3 mil 266 millones de dólares, con una balanza comercial superavitaria de más de 401 millones de dólares. **Para el 2011, el monto de exportaciones mexicanas ascendió a 4,337 millones de dólares, logrando un saldo a favor de 555 millones de dólares** (FEMIA, 2012).

Ilustración 3. Balanza comercial Industria Aeronáutica (millones de dólares)



Fuente: (FEMIA, 2012)

Los principales productos exportados se muestran en la Tabla 1.

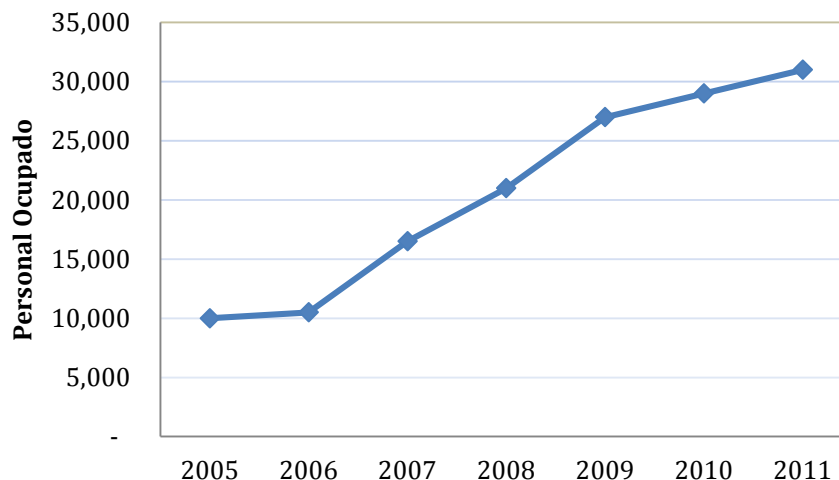
Tabla 1. Valor de los principales productos exportados por el sector Aeroespacial entre 2008 y 2001 (millones de dólares)

Descripción	2008	2009	2010
Aero-partes, de empresas con Certificado de Aprobación para Producción emitido por la SCT	133	231	456
Las demás partes de aviones o helicópteros	176	204	277
Propulsores a reacción, excepto los turborreactores	309	162	273
Juegos de cables para naves aéreas	271	247	264
Partes de turborreactores o turbopropulsores	181	127	193
Partes para aerogeneradores	206	230	162
Trenes de aterrizaje y sus partes	37	82	148
Mercancías de reparación o mantenimiento de naves	76	84	100
Aviones y demás aeronaves, de peso en vacío superior a 15,000 Kg.	4	15	79
Turbinas de gas de potencia superior a 5,000 kw.	40	41	52
Disyuntores	9	17	52
Turbopropulsores de potencia superior a 1,100 kw	9	25	47
Partes para motores de aviación	58	29	33
Motores de aviación	22	31	32
Helicópteros	22	26	30
Los demás (aviones)	393	70	30
Artículos de grifería para naves aéreas	23	17	21

Fuente: (FEMIA, 2012)

La Industria Aeroespacial mexicana **provee principalmente a Estados Unidos (81%)**, y en menor medida a Francia (**2.8%**), Alemania (**2.8%**) y Canadá (2.6%). México está clasificado como el noveno proveedor para el mercado aeroespacial de Estados Unidos y el sexto para la Unión Europea (FEMIA, 2012).

Ilustración 4. Histórico de personal ocupado en la Industria Aeroespacial en México

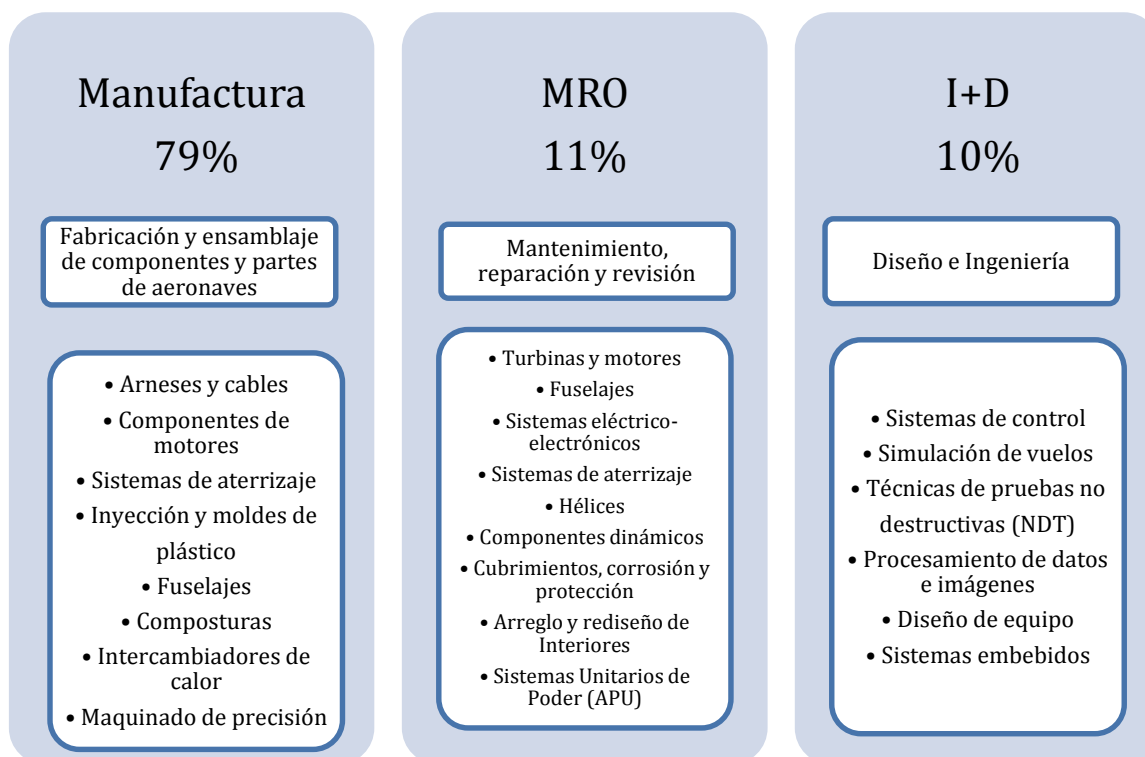


Fuente: FEMIA, 2012

El sector aeronáutico es un sector estratégico para el desarrollo del país, es un factor relevante en cuanto a generación de empleos y remuneraciones salariales. Guarda una fuerte vinculación con otros sectores productivos, de tal forma que constituye una plataforma de desarrollo al generar un efecto multiplicador hacia los sectores vinculados. En los últimos cinco años la Industria Aeroespacial ha triplicado la mano de obra empleada, contratando actualmente a más de 31 mil personas (2011).

La Industria Aeroespacial mexicana concentra sus procesos en los siguientes productos y servicios principalmente:

Ilustración 5. Estructura de la Industria Aeroespacial en México: actividad empresarial



Fuente: (FEMIA, 2012)

El sector aeronáutico en México cuenta con ventajas respecto a otras economías como, por ejemplo, su posición geográfica. La cercanía con dos de los principales centros de desarrollo de tecnología aeroespacial (Quebec y Seattle) abre la oportunidad para una integración industrial y tecnológica. Asimismo existen ventajas en los costos de operación y disponibilidad de mano de obra calificada.

La **Cadena de Valor mexicana** se encuentra participando activamente como proveedor de los tres niveles clave de la Industria Aeroespacial (OEMs, Tier 1 y Tier 2). Dentro de la cadena global de valor, la industria mexicana es proveedora de componentes de aeronaves con alto valor agregado que están inscritos en proyectos internacionales de empresas líderes del sector:

Tabla 2. Número de proveedores de los principales OEM con presencia en México

Empresa	No. de Proveedores	No. de proveedores instalados en México
Airbus	399	20
Boeing	299	14
Bombardier	299	13
Embraer	279	17

Fuente: (FEMIA, 2012)

La cadena de valor mexicana se encuentra localizada en 17 entidades federativas, de las cuales destacan las siguientes regiones:

- **Región Noreste** (Baja California, Sonora y Chihuahua). Concentra más de la mitad de la industria nacional, especializada en sistemas eléctrico – electrónicos.
- **Región Centro - Norte** (Ciudad de México, Querétaro y Nuevo León). Se especializa en ensambles de componentes de alto valor agregado. Destaca Querétaro por la fabricación de ensambles de componentes y, en lo que respecta a la Ciudad de México y Nuevo León, destacan por la ubicación de los principales aeropuertos del país, especializándose en actividades de reparación y mantenimiento de aeronaves.

Tabla 3. La Industria Aeroespacial en México: ubicación y distribución geográfica



Fuente: (FEMIA, 2012)

Se estima que el 70.6% de las empresas de la industria aeronáutica en México se encuentran en los subsectores de fabricación de partes y componentes, arneses, maquinado de piezas, equipos de seguridad, así como el ensamble de fuselajes para avión y helicópteros; en tanto que el 16.9% de las firmas realiza servicios de ingeniería, investigación y desarrollo, sistemas de control, instrumentación, simuladores de vuelo entre otros. Finalmente el 12.5% restante brinda servicios de mantenimiento y reparación de turbinas, motores, propulsores, trenes de aterrizaje entre otros.

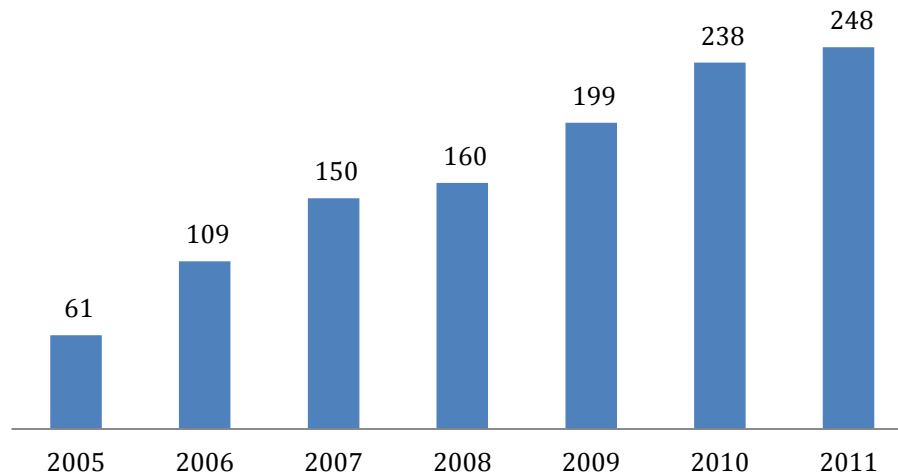
Tabla 4. Principales clústeres de la Industria Aeroespacial en México

PRINCIPALES CLÚSTERES	ESPECIALIDAD	PRINCIPALES JUGADORES
<i>Baja California:</i> ☒ Mexicali ☒ Tecate ☒ Tijuana	Eléctrico– Electrónico Manufactura de partes	51 empresas entre las que destacan: ☒ Honeywell ☒ Gulfstream Interiores Aéreos
<i>Chihuahua:</i> ☒ Chihuahua ☒ Ciudad Juárez	Manufactura de partes y fuselajes, eléctrico- electrónico, interiores, mecanizados	28 empresas entre las que destacan: ☒ Labinal, de Grupo Safran ☒ Cessna Aircraft ☒ Textron International ☒ Grupo American Industries
<i>Querétaro:</i> ☒ Querétaro	Fabricación de componentes de motor y trenes de aterrizaje Ensamble de componentes y fuselajes de avión, MRO	32 empresas entre las que destacan: ☒ Bombardier ☒ ITP Ingeniería y Fabricación. ☒ SNECMA, de Grupo Safran ☒ Messier Dowty de Grupo Safran ☒ GE-IQ ☒ Aernnova
<i>Sonora:</i> ☒ Hermosillo ☒ Guaymas ☒ Ciudad Obregón	Manufactura de componentes para motores y turbinas, fuselaje y materiales compuestos.	43 empresas entre las que destacan: ☒ Goodrich Aerostructures de México ☒ ESCO
<i>Nuevo León:</i> ☒ Apodaca ☒ Monterrey ☒ Santa Catarina	Forjas y maquinados, fabricación de componentes, ensambles de fuselajes de helicópteros.	29 empresas entre las que destacan: ☒ Frisa Forjados ☒ MD Helicopters

Fuente: (FEMIA, 2012)

La Industria Aeroespacial mexicana está constituida principalmente por empresas extranjeras que han encontrado en México un lugar atractivo para establecerse y crecer, así como empresas mexicanas que han focalizado una oportunidad de desarrollo y crecimiento en actividades de manufactura, ingeniería y diseño, mantenimiento, reparación y supervisión para el sector Aeroespacial. El número de empresas aeroespaciales localizadas en México ha crecido: en el 2005 había 61 empresas, mientras que en 2011 la Industria Aeroespacial nacional se integra por 238 empresas.

Tabla 5. Histórico del número de empresas aeroespaciales localizadas en México de 2005 a 2011



Fuente: (FEMIA, 2012)

El 28% de las empresas que integran el sector aeroespacial son grandes, 43% son medianas y 29% son pequeñas. Aproximadamente el 80% de las empresas se dedican a actividades manufactureras, mientras que el 20% restante se divide entre labores de Diseño e Ingeniería (D&I) y Mantenimiento, Reparación (MRO).

Existen 2 nodos que reúnen las capacidades en materia de Investigación, Desarrollo y Educación del sector aeronáutico en México:

- **Clúster de Baja California / Corredor Pacífico:** Corredor de manufactura de componentes complejos que optimiza la cadena de suministro asociada al corredor California-Seattle, mediante la producción de sistemas de aviónica, controles para motores y diseño de interiores.
- **Corredor Centro-Norte:** Se encuentra asociado a los súper corredores de Texas-Nueva Inglaterra-Montreal. Es en esta región donde se han instalado algunas de las principales armadoras y que, por su innovación en manufactura de piezas, orienta las plataformas tecnológicas al desarrollo de dispositivos y ensambles de alta complejidad.

Entre los factores que han influido en los logros alcanzados por este sector son la ubicación geográfica, una mano de obra calificada pero de menor costo que en Estados Unidos y Europa, los tratados de libre comercio y el antecedente exitoso de la industria automotriz. La Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (FEMIA) ha pronosticado que el sector aeroespacial en el año 2015 registrará un valor de las exportaciones cercano a los 7 mil 500 millones de dólares y que empleará a 52 mil personas.

2.2.1. Cadena de valor y de suministros del área de especialización

La cadena de valor global de la industria aeronáutica en México tiene un complejo modelo de organización industrial mediante una red de proveedores locales vinculada con una empresa líder, conocida como empresa ancla, a cargo del diseño de los productos. La naturaleza de la relación entre las empresas anclas y sus proveedores determina las características de la transferencia tecnológica en la industria (Brown-Grossman & Domínguez-Villalobos, 2013). Este mismo modelo se reproduce en el caso de Baja California donde empresas como Honeywell, Lockheed Martin, GKN Aerospace, Gulfstream, Zodiac Aerospace, UTC Aerospace Systems, Rockwell Collins y Eaton son empresas líderes y en torno a ellas se encuentran un conjunto de empresas fabricantes de subcomponentes que a su vez constituyen un mercado proveedor con reglas propias en la cadena de valor.

De manera resumida, la Cadena de Valor Mundial se divide en 5 segmentos principales con base en sus actividades (FEMIA, 2012):

- **Empresas integradoras “OEM’s”** (*Original Equipment Manufacturer*). Diseño, ensamblaje o manufactura de las aeronaves.
- **Contratistas de primera línea “Tier 1”** Ensamble mayor de sistemas primarios de las aeronaves (hidráulico, neumático, tren de aterrizaje, motores) y manufactura de secciones de aeronave sin diseño o ensamble final.
- **Subcontratistas “Tier 2”**. Fabricación de componentes maquinados y subensambles de diversos sistemas primarios y secciones menores.
- **Proveedoras de tercer nivel y de servicios de mantenimiento**. Producción especializada de elementos y componentes menores bajo procesos específicos no complejos.

Las actividades que realiza la Industria Aeroespacial mexicana se concentran en actividades básicas de todos los segmentos, es decir, proveedora de Primer y Segundo Nivel (Tier 1 y Tier 2) de componentes de aeronaves.

2.3. Posicionamiento del estado en el área de especialización

La historia del sector aeroespacial en Baja California tomada de la entrevista del Dr. Fermín Barajas, vicepresidente de la Sociedad de Historia de Tijuana A.C., señala que la manufactura de aeronaves en Baja California, tiene sus orígenes a partir del mes de noviembre de 1927 en el municipio de Tijuana, con la fundación de la Compañía Aérea de Construcción y Transporte S.A. Esta acción tuvo gran importancia a nivel nacional e internacional, ya que en esa época el mundo de la aviación estaba comenzando a dar sus primeros pasos.

La creación de esta sociedad representó una serie de esfuerzos por parte del gobierno, el cual pretendía diseñar y fabricar sus propios aviones, para poder competir con la fábrica de aviones Ryan, localizada en San Diego, California, misma que llevaba una ligera ventaja, ya que acabada de terminar de construir sus primeros aviones.

El diseño para la construcción de la primera aeronave fue proporcionado por la Secretaría de Guerra y Marina Mexicana de aquella época, este diseño fue modificado por diseñadores estadounidenses, dando como resultado un monoplano, que fue nombrado como el Baja California Uno¹. No obstante, el desarrollo del sector en el estado no arrancó sino hasta 1966 con el establecimiento de las empresas *Rockwell Collins* y *Switch Luz*.

En la actualidad Baja California cuenta con más de 50 empresas del sector aeroespacial que representan en promedio el 27% de las exportaciones a nivel nacional (1,148 millones de dólares anuales) (PROMEXICO, 2012 a). Estados Unidos atrae dos terceras partes de las

¹ El primer viaje de este avión tendría contemplado como recorrido de Mexicali a la Ciudad de México, con escalas en las ciudades de Hermosillo, Navojoa, Mazatlán y Guadalajara, este viaje no se llevó a cabo debido a una falla en el motor que terminó con la destrucción del mismo.

exportaciones de Baja California. El resto se dirige a Canadá, Inglaterra, Francia, Alemania, entre otros países.

Gran parte de las empresas tractoras en el estado reportan a corporativos localizados en California; asimismo los clientes principales para estas empresas son, en orden de importancia, Boeing, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, Airbus, Bombardier, Embraer, Cessna y General DynamiC (COLEF, 2006).

Baja California centra sus capacidades de innovación en pruebas de integración completa de aeronaves, así como en el diseño de interiores. En manufactura, esta entidad se especializa en **maquinados de precisión, sistemas eléctricos y de potencia, sistemas hidráulicos e interiores y procesos de conformación de placas de metal**. Algunas empresas tienen capacidades internas para procesos especiales, tratamientos térmicos y superficiales. También realizan actividades de MRO de partes de motor (PROMEXICO, 2012 b)². Algunas de las empresas emblemáticas en el estado son:

Tabla 6. Empresas emblemáticas de la Industria Aeroespacial en el estado

Empresa	Actividad	Ubicación Municipio
Aerodesing de México	Manufactura de interiores de aviones	Tijuana
Aerospace coatings internacional	Recubrimiento para componentes aeroespaciales	Mexicali
Bourns de México	Manufactura y ensamble de potenciómetros, sensores y consoladores para aeronaves	Tijuana
Caloyeras	Ensamble de transformadores, inductores, fuentes de power-ups para el sector aeroespacial	Tijuana
CD electrónica de México	Ensamble de componentes electrónicos (válvulas y tarjetas electrónicas)	Mexicali
Chromalloy	Reparación de partes (alabes) para turbina de avión.	Mexicali
Crissair de México	Manufacturas de válvulas aeronáuticas para sistemas hidráulicos)	Tijuana
Delphi connection systems	Ensamblajes de arneses, cables y cableados de fibra óptica para aviones.	Tijuana

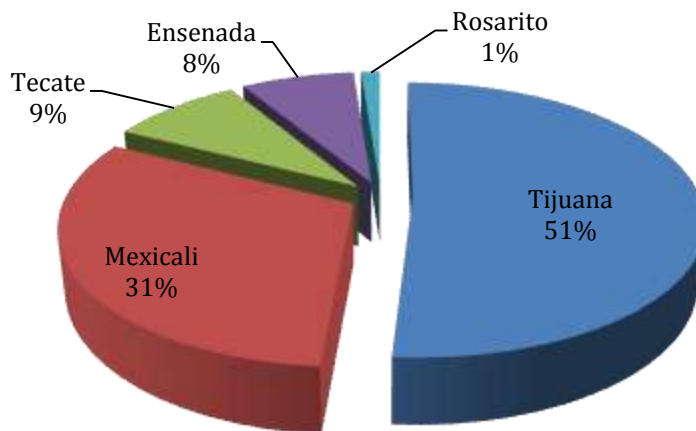
² Otros productos de interés son cobijas aislantes para fuselaje de aeronaves; moldeo de hule negro para empaques, sellos, tambores; aparatos y sistemas electrónicos; intercambiadores de calor, cables y arneses electrónicos para avión; diversas partes de turbina para avión y diseño de interiores para cabinas de pasajeros.

Deutsch (Co-production de México, S. A. de C. V.)	Manufactura y ensamble de conectores y conductores eléctricos para turbinas de avión	Tecate
Dynamic resources group Tecate	Manufactura de herramientas de corte de precisión y piezas metálicas para avión (avelladoras, perfilador de superficies)	Tecate
Eaton Power systems (EATON Aerospace)	Mangueras de presión, acoplamiento, accesorios y conectores para fluidos de dirección hidráulica, aire acondicionado, refrigeración de aceite, bombas y motores hidráulicos	Tijuana
Electro-óptica superior (locheed Martin)	Sub-ensamble de arneses de tela equipados con sensores.	Tijuana
GNK aerospace	Manufactura de partes de turbina para avión (anillos y cubiertas del sistema de propulsión)	Mexicali
Honeywell aerospace de México	Ensamble de intercambiadores de calor, radiadores, turbinas y compresores para avión	Tijuana
Interiores aéreos, S. A. de C. V.	Ensamblados de partes para interiores de avión (arneses y partes metálicas)	Mexicali
LMI aerospace	Manufactura de piezas de metal para fuselaje de avión	Mexicali
Remec México	Ensamble de componentes electrónicos (filtros, osciladores, multiplicadores, amplificadores, convertidores, ecualizadores)	Tijuana
Suntek manufacturing technologies	Ensamble de cables y arneses electrónicos para avión	Mexicali
Switch Baja	Ensamble de aviones a escala	Mexicali
Thayer aerospace	Manufactura de partes metálicas para avión (sujetadores y soportes) y reparación de partes aeronáuticas.	Mexicali

Fuente: CamBioTec, A. C., 2014

La distribución de las empresas en el estado es la siguiente: Tijuana cuenta con 51% del total de plantas; Mexicali 31%; Tecate 9%, Ensenada 8% y Rosarito 1%. De estas empresas, las medianas y grandes están ubicadas principalmente en Tijuana y Mexicali, y las pequeñas y micro en Tecate y Ensenada.

Ilustración 6. Distribución de las empresas del sector aeroespacial en los municipios del estado



Fuente: COLEF, 2006

La mayoría de las empresas en el estado son proveedores especializados de componentes específicos no complejos (Tier 2), su actividad tiene que ver con ensamble de componentes y manufactura de partes, son empresas maquiladoras de gran tamaño intensivas en generación de empleo, pero que no están en el primer nivel de proveeduría, situación que refleja las limitadas capacidades que tiene la Industria Aeroespacial en el estado.

Las empresas del sector no compiten por nichos de mercados nacionales, regionales o locales, sino que lo hacen en mercados globales donde los productos que fabrican deben cumplir con estrictas normas de calidad y certificación de productos y procesos.

Finalmente, es importante mencionar que las compañías establecidas en el estado se están agrupando en dos Clústeres de la Industria Aeroespacial de Baja California, con el objetivo de identificar oportunidades que les permitan desarrollar el sector aeroespacial en la región (proveedores, mano de obra, aspectos legales, etc.), todo esto apoyado por los gobiernos locales, universidades, cámaras industriales y organizaciones relacionadas al ramo.

2.3.1. Relevancia económica, política y social del área de especialización

El sector aeroespacial de Baja California juega un papel preponderante en la economía estatal y nacional, algunos de los indicadores de mayor relevancia económica, política y social del sector son (AEROSPACE, 2012):

- Baja California cuenta con más del 25 % de total de la Industria Aeroespacial en México. Una de cada cuatro empresas del sector se localizan en Baja California.
- De las empresas instaladas en el estado, 61.25% son de origen estadounidenses, 20% son mexicanas, 11.25% francesas, 3.75% inglesas, 1.25% taiwanesas, 1.25% suecas y 1.25% restantes alemanas.
- Baja California genera más del 50% del empleo de la Industria Aeroespacial en México.
- Alrededor del 65% de las exportaciones de Baja California son hacia Estados Unidos, el resto se dirige hacia Canadá, Reino Unido, Francia, Alemania, entre otros países.
- La mayor parte de las empresas están certificadas en NADCAP y AS9100. El 90% de las empresas de manufactura aeroespacial en Tijuana con 250 o más empleados están certificadas bajo la norma ISO13485, ISO9000 y otras normas de calidad.
- Una de las principales ventajas de la Industria Aeroespacial de Baja California es la cercanía con los polos aeroespaciales de Quebec y Seattle, dos de los principales productores y desarrolladores de tecnología aeroespacial a nivel mundial. Otra ventaja es el rápido acceso a cientos de empresas del sector aeroespacial en el sur de California.
- Los productos aeroespaciales pueden ser transportados por tierra a cualquier destino de los EE.UU. dentro de uno a cinco días y por aire en una a cinco horas.
- La estimación de la demanda de los bienes producidos en Baja California en el 2013 fue de 1.8 mil millones de dólares.
- Los 28,192 empleos que genera la industria se distribuyen: el 51.9% en Tijuana, el 37% en Mexicali, el 6.8% en Ensenada y el 4.2% en Tecate.

Una vez señaladas las principales estadísticas del sector se puede mencionar que los impactos sociales son positivos, el empleo que genera corresponde al 4% de los trabajadores asegurados en el IMSS como empleos directos, sin considerar los que generan las empresas proveedoras de la industria.

Respecto a la política expresada dentro de los planes de desarrollo estatales de las últimas tres administraciones 2001-2007, 2007-2011 y 2013-2019, el sector aeroespacial se ha señalado como uno de los sectores estratégicos para el desarrollo económico de Baja California. Ejemplo de esta política es la constitución del Clúster Aeroespacial de Baja California, organización que tiene su origen en con la implementación de la Política Pública de desarrollo empresarial de los clúster, basada en el Plan Estatal de Desarrollo 2002-2007 (COLEF, 2006).

2.4. Principales tendencias de la innovación en el área de especialización a nivel mundial

El sector aeroespacial es una industria impulsada por la tecnología, resultado directo de investigación y la innovación. Las principales tendencias tecnológicas en el sector a nivel mundial se pueden organizar en seis grandes áreas (AEM, 2014; PROMEXICO, 2012; US Aerospace, 2002; Mugarra, 2000):

1. Nuevas tecnologías de propulsión.
2. Mitigación de la emisión de ruido.
3. Nuevas fuentes de energía.
4. Nuevos materiales y procedimientos no tradicionales de conformado.
5. Aviónica.
6. Nuevas tecnologías de factor humano.

2.4.1. Nuevas tecnologías de propulsión

Los avances en propulsión y consumo de energía seguirán siendo la tecnología crítica para capacidades aeroespaciales revolucionarias. Estos avances se vienen en cuatro regímenes de vuelo: vuelo subsónico y supersónico (motores de turbina de gas / de detonación de pulso), vuelo hipersónico (estatorreactores / *scramjets*), de acceso al espacio (sistemas de cohetes / ciclo combinado) y viajar a través del espacio (nuclear, plasma, y anti-materia de propulsión y potencia).

- **Vuelo subsónico y supersónico:** mejoramiento de sistemas de propulsión “*air-breathing*” avanzados que permitan una navegación tranquila, limpia, económica y de alta eficiencia para aeronaves civiles. Desde la década de 1950, los desarrollos de tecnologías de motor de turbina de gas de alta potencia han aumentado el rendimiento y mejorado la eficiencia de combustión en un 70 %. Se trabaja en mejoras sustanciales en la capacidad y el costo de motores de turbina como los Motores de turbina Avanzados (VAATE por sus siglas en ingles).
- **Vuelo hipersónico:** tecnologías estator-reactor / *scramjet* ofrecen el potencial para nuevas clases de aviones y armas con capacidad de ataque crítico de tiempo y alcance global. Estos desarrollos podrían utilizarse en el sector de la aviación civil, reduciendo significativamente los tiempos de tránsito. Para estos desarrollos se requiere de una inversión significativa y sostenida, con el objetivo de superar las barreras técnicas críticas de vuelo de alta velocidad y proporcionar las demostraciones necesarias para validar la viabilidad operacional de los sistemas hipersónicos.
- **Acceso-espacio:** el desarrollo de estas tecnologías será clave para el desarrollo de la futura comercialización exitosa al espacio exterior. Se necesitan nuevas familias de tecnologías basadas en cohetes y propulsión de aire de respiración para apoyar el desarrollo de los conceptos de vehículos de lanzamiento reutilizables y desechables que pueden proporcionar importantes reducciones de costos de carga útil a la órbita.
- **Viajar por el espacio:** los tiempos de tránsito prolongados que resultan de la utilización de los sistemas de propulsión disponibles en la actualidad hacen difícil la exploración humana del sistema solar. Los conceptos de propulsión como los iones y plasma, y las fuentes de energía, como la nuclear, ofrecen el potencial de reducir los tiempos de tránsito para la exploración espacial reduciendo significativamente la duración de las misiones en el espacio profundo. Los nuevos conceptos de propulsión basados en fuentes de energía innovadoras, tales como los sistemas de energía de antimateria, podrían dar lugar a un nuevo paradigma de propulsión que va a revolucionar el transporte espacial.

2.4.2. Mitigación en las emisiones de ruido

El desarrollo de tecnologías de mitigación de ruido y contaminantes ofrecerán la posibilidad de ampliar en gran medida la capacidad de los aeropuertos en espacios aéreos cercanos a centros de actividad económica. Tecnologías de motores como *alta bypass turbofan*, han reducido en gran medida las emisiones de ruido de aviones de propulsión. Otras tecnologías como *blended-wing-body* y *strutbrace-wing* podrían en el futuro próximo perfeccionarse para conseguir mejores reducciones de ruido. En particular, se requiere mayores investigaciones para mitigar ruido emitido de propulsión, el boom sónico, y las emisiones contaminantes. La expectativa a mediano o largo plazo es llegar a cero emisiones en aeronaves a través de la introducción de fuentes de energía innovadoras, como el hidrógeno.

2.4.3. Desarrollo de nuevas fuentes de energía

- **Tecnología de hidrógeno:** En el mediano plazo, las tecnologías de pila de hidrógeno podrían ser utilizado para proporcionar energía auxiliar a aviones, aumentando la seguridad y de la eficiencia del sistema de propulsión. Uso de aeronaves de hidrógeno puede ser un paso importante en el establecimiento de una economía de hidrógeno. Los beneficios de pasar de hidrocarburos como combustible para aviones hidrógeno justifican claramente un programa ampliado y acelerado para hacer a la Industria Aeroespacial, líder en la investigación de la energía de hidrógeno.
- **Otras fuentes de energía:** en el corto plazo, las fuentes de fisión y de plasma nucleares deben perseguirse activamente para aplicaciones espaciales. En el largo plazo, estas fuentes de energías innovadoras, tales como la fusión nuclear y la anti-materia, serán investigadas de manera creciente con el fin de apoyar a la exploración humana más allá del sistema solar. Estas fuentes de energía deben ser el tema de un esfuerzo de investigación básica enfocada.

2.4.4. Aviónica (electrónica de vuelo)

- **Panel de instrumentos:** existe una tendencia a la integración de presentación de datos en pantallas planas multifuncionales para conseguir prestaciones del espacio físico limitado con la presentación de una cantidad de información mayor y de manera más ergonómica. Otra tendencia tecnológica es la presentación de los datos esenciales de vuelo en el campo de visión exterior (tecnología *Head-up Display - HUD*) en aeronaves civiles.
- **Computarización del control de la aeronave (fly-by-wire):** tecnología que automatiza el control de la aeronave y que efectúa una comprobación de datos y maniobras en modalidad manual, de tal manera que en caso de petición de una maniobra fuera de procedimiento, ésta se vea restringida, o cuando menos efectúa las correspondientes verificaciones para prevenir errores. Uno de los problemas de este sistema es el peligro de interferencias electromagnéticas que pudieran enmascarar las órdenes del piloto. Este es un aspecto al que aún requiere un gran esfuerzo en desarrollo e investigación.

2.4.5. Nuevos materiales y procedimientos no tradicionales de conformado

- **Nanotecnología:** a escala nano, los dispositivos y sistemas ofrecen diferentes propiedades eléctricas, mecánicas, magnéticas y ópticas. Este efecto conlleva gran cantidad de aplicaciones como mejora en la resistencia de materiales que podría revolucionar el diseño estructural de vehículos aeroespaciales y en consecuencia el rendimiento; también podrían ayudar a eliminar el ruido de la aviación, reducir el costo del acceso al espacio y ayudar a lograr una nueva generación, muy avanzada de pequeños satélites para la vigilancia y el monitoreo atmosférico.
- **Procesos de mecanizado no tradicionales:** En determinados componentes del avión, como por ejemplo los motores, se requieren piezas de pequeño espesor y gran precisión que deben ser mecanizadas por procedimientos no tradicionales, como puede ser la electroerosión. Todo ello ha dado lugar al diseño y producción de máquinas herramientas especiales y de muy alta calidad.

- **Nuevos materiales compuestos:** En diferentes elementos de motores sometidos a altas temperaturas se ha propiciado el uso de materiales compuestos de matriz cerámica con procedimientos de conformado no tradicionales.
- **Estructuras:** la estructura de los aviones se compone fundamentalmente de elementos estructurales de aleaciones de aluminio, recubiertos de chapa remacha, igualmente en aleación de aluminio. Los elementos estructurales seguirán evolucionado en determinadas zonas de la aeronave, desde perfiles laminados a elementos mecanizados en cinco ejes, de formas relativamente complejas y con una gran exigencia de prestaciones para la maquinaria de producción.

2.4.6. Factores humanos

- **Diseño Centrado en Humanos:** Los sistemas automatizados pueden aumentar la capacidad y seguridad de los sistemas aeroespaciales, pero no sin la investigación de los factores humanos. En la gestión del tráfico aéreo, por ejemplo, una de las principales limitantes es la capacidad del recurso humano. Un controlador de tráfico aéreo sólo puede mantener el control de cuatro a siete aviones a la vez. La automatización podría eliminar esta limitación. Para ello será necesario la investigación de factores humanos para examinar: la interacción humano-automatización, el intercambio y la interpretación de la información, el procesamiento de información, tomar decisiones.
- **Efectos de la Radiación en el espacio:** La radiación es un factor limitante importante para las misiones espaciales tripuladas de larga duración. Se requiere investigación para comprender mejor y contrarrestar los efectos de la radiación para maximizar la salud física de tripulaciones, la integridad psicológica, la protección y la supervivencia durante los vuelos espaciales de larga duración.

En el contexto de las tendencias tecnológicas antes descritas, la Comisión Sobre el Futuro de la Industria Aeroespacial de Estados Unidos, tiene por objetivo para el año 2025:

Transporte Aéreo

- Demostrar la capacidad de transporte aéreo automatizado que triplique la capacidad para el año 2025;
- Reducir el ruido y las emisiones de la aviación en un 90 %;
- Reducir la tasa de accidentes mortales de la aviación en un 90 %;
- Reducir el tiempo de tránsito entre dos puntos en la tierra en un 50 %.

Espacio

- Reducir el costo y el tiempo para acceder al espacio en un 50 %;
- Reducir el tiempo de tránsito entre dos puntos en el espacio en un 50 %;
- Demostrar la capacidad de monitorear continuamente y vigilar la Tierra, su atmósfera y el espacio para una amplia gama de aplicaciones: militares, de inteligencia, civiles y comerciales.

En el contexto nacional, la Secretaría de Economía y la Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (FEMIA), desarrollaron en 2012 el “Programa Estratégico de la Industria Aeroespacial”, en donde identificaron las tendencias tecnológicas de este sector a alcanzar en el año 2020. De manera semejante, PROMEXICO en su estudio “Plan de Vuelo, Industria Aeroespacial de México, Mapa de Ruta Baja California”, se identificaron las áreas tecnológicas de mayor impacto futuro. Ambas propuestas sobre tendencias tecnológicas se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 7. Principales tendencias de la innovación en la Industria Aeroespacial

Tendencias SE-FEMIA	Tendencias PROMÉXICO
• Fabricación de nuevos modelos con un alto porcentaje de materiales compuestos para aligerar su peso y proteger el medio ambiente (uso de titanio y aluminio). • Se reusar y reciclar las aeropartes. • Creciente uso de tecnologías verdes • Continuo crecimiento en el mercado de sistemas no tripulados. • Innovación en motores de nueva generación.	• Desarrollo de materiales nanocompuestos. • Reconversión de sistemas hidráulicos y neumáticos a electrónicos. • Desarrollo de turbinas más eficientes y menos dañinas. • Siguiendo generación de aviones: más ligeros. • Desarrollo de procesos y materiales “verdes”.

Tendencias SE-FEMIA	Tendencias PROMÉXICO
• La Industria Aeroespacial civil será el segmento de mayor crecimiento en los próximos años. • Incremento en la demanda de aviones civiles por parte de clientes no gubernamentales. • Apertura de nuevos mercados para producción	• Incorporación de energías alternativas/ renovables

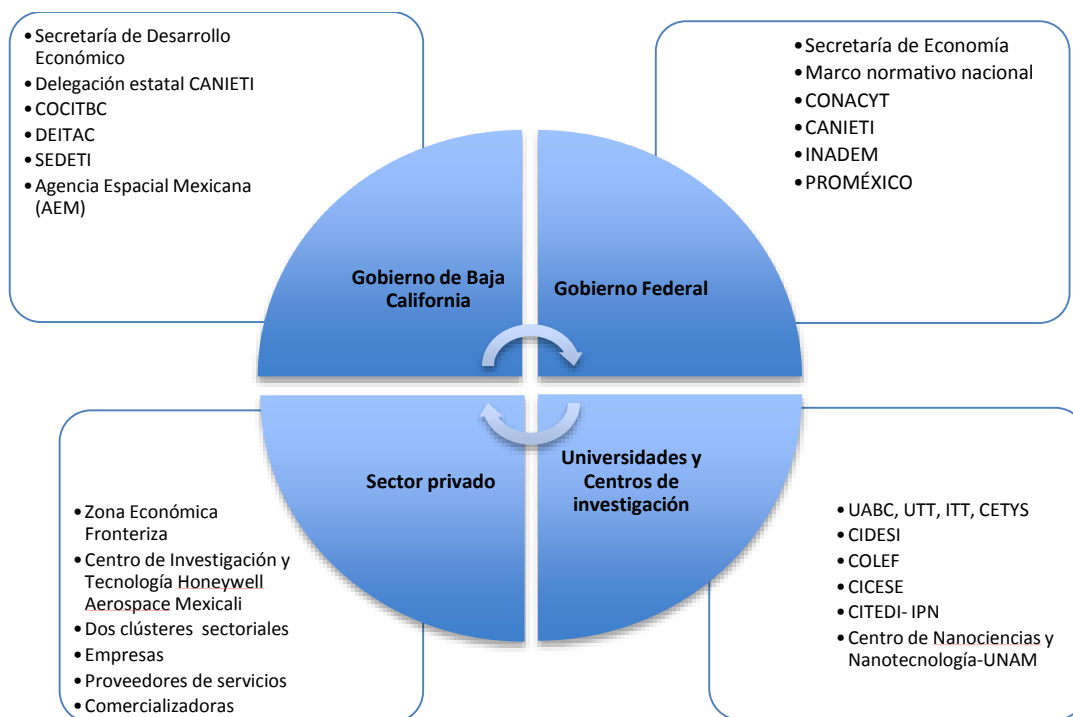
Fuente: FEMIA, 2012, PROMEXICO, 2012- b

3. BREVE DESCRIPCIÓN DEL ECOSISTEMA DE INNOVACIÓN

3.1. Mapa de los agentes del ecosistema de innovación

El ecosistema de innovación del área de especialización Industria Aeroespacial en México, se integra por el gobierno mediante sus distintas dependencias, programas e instrumentos de política (convenios con organismos internacionales); las empresas de los diversos subsectores; las Instituciones de Educación Superior (IES) y Centros de Investigación, como se muestra en la Ilustración 7.

Ilustración 7. Mapa de los agentes del ecosistema de innovación



Fuente: CamBioTec, A. C., 2014

3.2. Principales IES y centros de investigación y sus principales líneas de investigación

3.2.1. Instituciones de Educación Superior

En Baja California se tienen 311 escuelas de educación media superior, 153 escuelas de capacitación para el trabajo, 193 escuelas de educación superior y cuatro centros de investigación.

Las instituciones de educación media y superior comprometidas a apoyar al sector aeroespacial son el Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP), el Centro de Capacitación para el Trabajo Industrial 6 (CECATI), la Universidad Autónoma de Baja

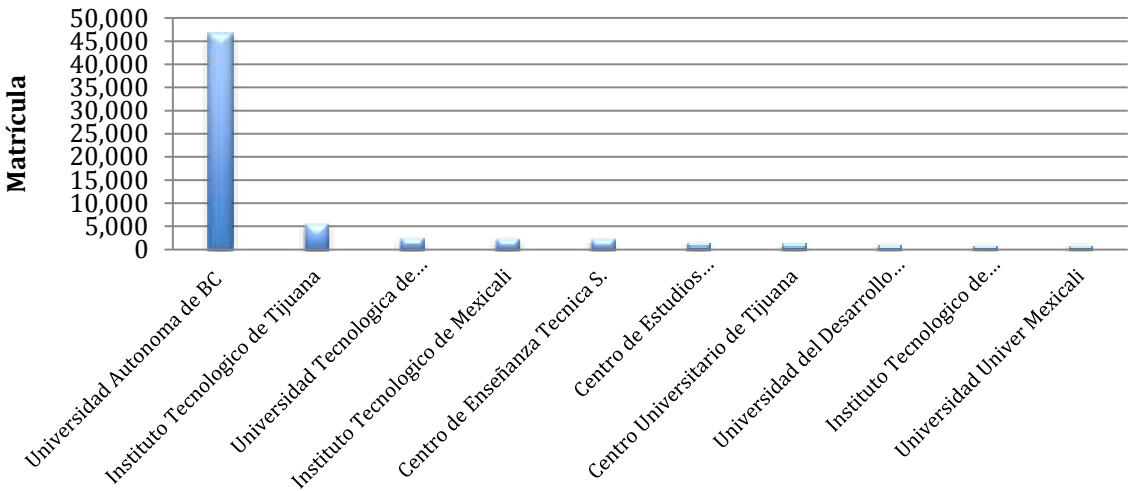
California (UABC), el Centro de Enseñanza Técnica y Superior (CETYS), la Universidad Tecnológica de Tijuana (UTT), el Instituto Tecnológico de Tijuana (ITT), el Instituto Tecnológico de Ensenada (ITE), el Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital (CITEDI) y el Instituto Tecnológico de Mexicali (ITM).

Desde 2011, diferentes instituciones de educación superior (IES) cuentan con el acuerdo de colaboración firmado “Alianza para el Desarrollo de la Ingeniería en Baja California” con el clúster Aeroespacial de Baja California. Este acuerdo promueve el desarrollo tecnológico, la actualización de programas educativos y vinculación para lograr mayores estrategias de competitividad.

Por otra parte, la carrera de Ingeniero Aeroespacial es una opción académica que en cierta forma responde a las estrategias nacionales y estatales para atender la demanda de personal calificado de la industria; tal solo en BC se hace mención a un déficit de 300 ingenieros aeronáuticos (UABC, 2011). En este contexto, la UABC oferta la carrera de ingeniero aeroespacial desde el año 2011 en los campus Mexicali y Tijuana en la Unidad Valle de Las Palmas. La creación de este programa se sustentó a partir de considerar que Baja California concentra en promedio el 45% de empleos del sector a nivel nacional. El plan de estudios fue producto de identificar las problemáticas y necesidades de la industria local, además de que se consideró a Baja California como subsede de la Agencia Espacial Mexicana (AEM).

En el ámbito de instituciones de educación superior, las instituciones de mayor presencia se encuentran en las ciudades de Mexicali y Tijuana. Por mucho, la universidad más importante del estado es la Universidad Autónoma de Baja California. En el ciclo escolar 2010-2011, esta Universidad atendió al 58.4% de la matrícula universitaria de la entidad (46,562 alumnos). En la ilustración 8 se muestra la distribución de matrícula entre las principales universidades del sistema científico-tecnológico de la entidad.

Ilustración 8. Distribución de matrícula entre las principales universidades del sistema científico-tecnológico en Baja California



Fuente: (ANUES, 2012).

3.2.2. Centros de investigación

En cuanto a centros de investigación relacionados directa o indirectamente con la Industria Aeroespacial en el estado de Baja California, se cuenta con centros CONACYT, de la UNAM y uno más del IPN.

Tabla 8. Centros de investigación en Baja California

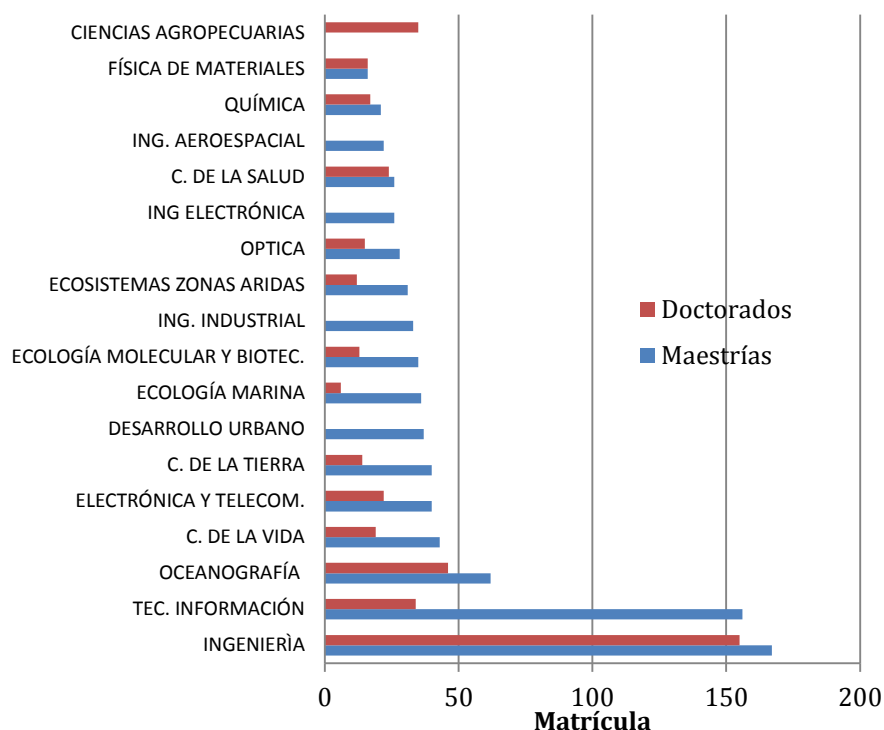
Origen	Institución
Red de Centros de Investigación UNAM	- Centro de Nano-ciencias y Nanotecnología - Instituto de Astronomía
Red de Centros de Investigación IPN	Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital
Red de Centros de Investigación CONACYT	- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, BC - Colegio de la Frontera Norte - CIDESI

Fuente: CamBioTec, A. C., 2014

La entidad cuenta con 111 programas académicos de licenciatura acreditados por el Consejo para la Acreditación de la Educación Superior, A. C. (COPAES), el promedio nacional es de 83.2 (COPAES, 2012). En cuanto a posgrados (maestría y doctorado), en la entidad se cuenta con seis instituciones donde se imparten 59 programas afiliados al Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC), de ellos 4 son de nivel especialidad, 34 maestría y 21 de doctorado. Se destaca que la entidad posee 29% de sus programas de posgrado en el área de Ciencias Sociales y **20% en el área de Físico Matemáticas** y Ciencias de la Tierra (FCCyT, 2012).

La entidad cuentan con programas académicos de enseñanza científica y técnica, la mayor matrícula corresponde al **campo de las Ingenierías y las Tecnologías de la Información** (ANUIES, 2012).

Ilustración 9. Distribución de matrícula de estudios de posgrado en ciencias de la salud, agropecuaria, naturales y exactas así como ingeniería y tecnología



Fuente: (ANUES, 2012)

3.3. Empresas y asociaciones empresariales del sector

En el año 2014 se registraron 80 empresas dentro del sector Aeroespacial en el estado (Business-Conexión, 2014), tales firmas lo colocan como la entidad federativa con mayor presencia de empresas en el país, seguidos de Sonora (45), Querétaro (33), Chihuahua (32) y Nuevo León (32) entre los principales.

Entre las empresas localizadas en Baja California que cuentan con un posicionamiento mundial se encuentran Lockheed Martin (3), General Dynamics (4), Goodrich Aerospace (18), Rockwell Collins (22), Cobham Aerospace (34), GKN Aerospace (42) y Esterline Advanced Sensors (49).

Tabla 9. Posición mundial de empresas establecidas en Baja California

Posición mundial	Empresa	País de origen	Ventas		Planta en México
			(miles de millones de USD)	Áreas de actividad	
3	Lockheed Martin	Estados Unidos	46.5	Conglomerado aeroespacial y de sistemas satelitales	Electro-Óptica Superior.
4	General Dynamics	Estados Unidos	32.7	Conglomerado aeroespacial espacial y de sistemas satelitales	Gulfstream-Interiores Aéreos, S. A. de C. V.
18	Goodrich	Estados Unidos	8.08	Componentes aeroespaciales, trenes de aterrizaje, frenos, llantas, actuadores, cancelles	Goodrich Aerospace de México, Campus Aeroespacial de Manufactura Mexicali. Goodrich Planta México (Goodrich Turbomachinery Products)
22	Rockwell Collins	Estados Unidos	4.81	Sistemas de audio y video	Ensambladores Electrónicos de México, S. A de C. V., Rockwell Collins
34	Cobham	Estados Unidos	2.86		COBHAM AEROSPACE (Remec México, S. A. de C. V.)
42	GKN	Estados Unidos	2.29	Partes para turbinas	Industrial Vallera de Mexicali SA de CV

49	Esterline	Estados Unidos	1.72	Manufactura de equipo eléctrico y electrónico: paneles, componentes, equipo y sistemas de poder. Cables eléctricos, arneses y piezas. Textiles.	Esterline Advanced Sensors Mexico, S. de R. L. DE C. V.
					Leach International, parte de Esterline Power Systems

Fuente: Fuente: recopilación de "La ingeniería en la Industria Aeroespacial, Academia de Ingeniería de México, 2013

Las asociaciones que agrupan a las empresas del sector por municipio se muestran a continuación:

Tabla 10. Relación de asociaciones empresariales del sector Aeroespacial en Baja California

Municipio	Asociaciones empresariales
Tijuana	- Desarrollo Económico e Industrial de Tijuana A.C. (DEITAC). - Consejo de Desarrollo Económico de Tijuana (CDT). - Clúster Aeroespacial de Baja California.
Mexicali	- Comisión de Desarrollo Industrial de Mexicali (CDIM). - Consejo de Desarrollo Económico de Mexicali (CDEM) - Clúster Aeroespacial de Mexicali.
Tecate	Comisión de Promoción Económica de Tecate A.C.
Ensenada	Comisión de Promoción Económica de Ensenada
Playas de Rosarito	Comisión de Promoción Económica de Rosarito

Fuente: CamBioTec, A. C., 2014

Otras entidades de apoyo al sector

- **Dirección General de Aviación Civil (DGAC):** Es la dependencia de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte encargada de asegurar que el transporte aéreo participe en el proceso de crecimiento sostenido y sustentable, que contribuya al bienestar social, al desarrollo regional y a la generación de empleos, apoyando la conformación de una sociedad mejor integrada y comunicada.

- **Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (FEMIA):** Es la asociación sin fines de lucro que agrupa a las empresas del sector aeroespacial en la República Mexicana. Fue establecida en noviembre de 2007, con el fin de promover el desarrollo de la Industria Aeroespacial mexicana a nivel nacional e internacional.
- **Consejo Mexicano de Educación Aeroespacial (COMEA):** Fue formado en 2007 por 12 instituciones educativas fundadoras y representa a la red de instituciones académicas de la industria con el objetivo de desarrollar capital humano, investigación, y transferencia de tecnología.
- **Agencia Espacial Mexicana (AEM):** Es una entidad coordinadora y catalizadora de las actividades del sector aeroespacial en México.

3.4. Evolución de apoyos en el área de especialización

Baja California ha sido una de las entidades con mayor cantidad de recursos captados a través de los diferentes fondos federales que impulsan al desarrollo tecnológico en general; entre 2002 y 2012 le fueron aprobados 443.73 millones de pesos a través del Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Baja California para ejecutar 190 proyectos. Los Fondos Sectoriales también han sido aprovechados; hasta febrero de 2011, es la séptima entidad que mayor cantidad de recursos ha obtenido (743 millones de pesos) (FCCyT, 2010).

El histórico de los Fondos Mixtos de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica muestra que Baja California ha obtenido apoyos por hasta 119,696 millones de pesos anuales, esto es más de tres veces la media Nacional. En la ilustración 10 se muestra el valor histórico canalizado a Baja California.

En cuanto al número de proyectos en los Fondos Mixtos, Baja California ha presentado un ritmo cambiante por abajo de la media nacional; en 2009, Baja California fue apoyada con 30 proyectos, mientras que en 2008 y 2012 le fueron aprobados apenas 6 y 5 proyectos respectivamente. Dado que la información sobre los proyectos específicos apoyados es confidencial no es posible determinar los posibles impactos de éstos sobre el sistema de innovación de las empresas y otras organizaciones asociadas.

Ilustración 10. Histórico de la participación de Baja California en los Fondos Mixtos en comparación con la media nacional

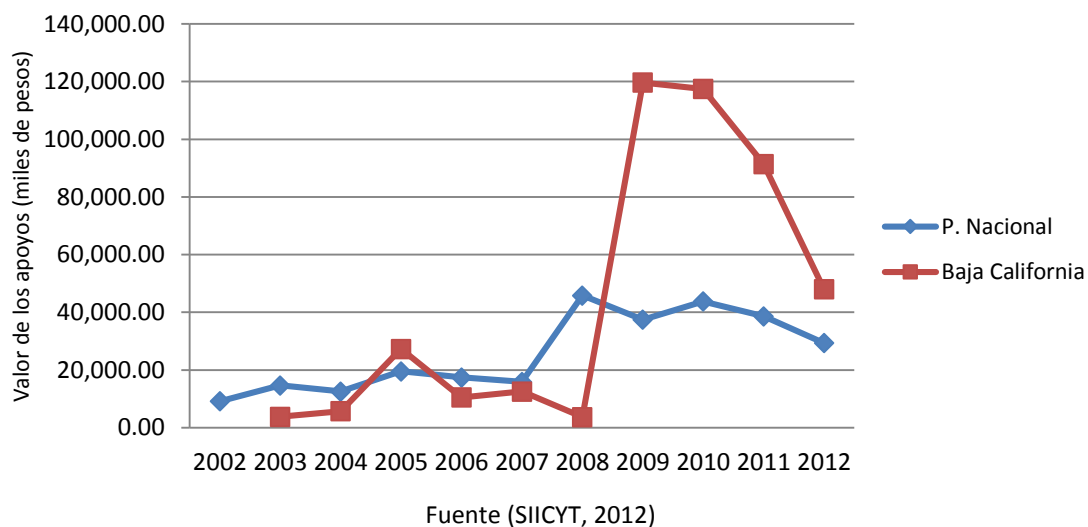
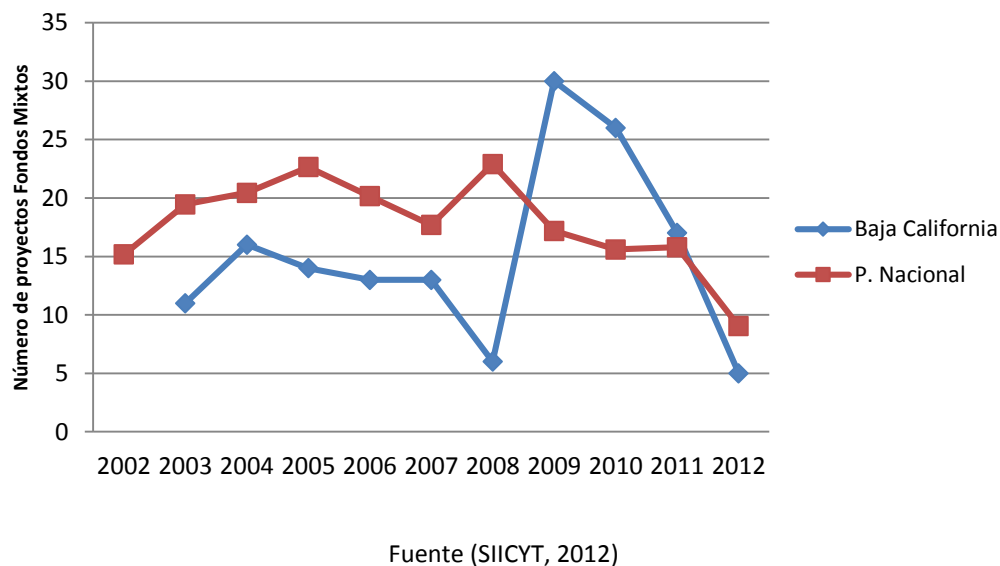


Ilustración 11. Número de proyectos apoyados por los Fondos Mixtos en Baja California en comparación con la media nacional



Los recursos otorgados por los Fondos Mixtos se han destinado principalmente para apoyar actividades de Desarrollo Tecnológico, en segundo lugar investigación aplicada y un mínimo porcentaje para desarrollar ciencia básica.

4. ANÁLISIS FODA DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

La Agenda de Innovación del estado de Baja California busca articular y definir prioridades sectoriales y áreas de especialización inteligente por medio de la metodología *Research and Innovation Strategies for Smart Specialization* (RIS 3) dentro de la cual se efectuó una extensa revisión de documentos públicos del sector y, se convocó a espacios de consulta con representantes de los actores del ecosistema de innovación (empresarios, académicos, gobierno), en las modalidades de entrevistas personalizadas a profundidad y talleres sectoriales. Como resultado de los mencionados talleres y entrevistas a profundidad con actores del sector de Aeroespacial, se ha identificado el siguiente análisis FODA.

4.1. Fortalezas

- Gran cantidad de las empresas instaladas en el estado, cuentan con certificados de calidad en sus procesos conforme a los estándares de la industria.
- Posición Geográfica Privilegiada: cercanía al mercado más grande del mundo (Estados Unidos).
- Disponibilidad de capital humano (joven y de bajo costo).
- Cercanía a centros de tecnología en Estados Unidos y Canadá.
- Una base empresarial importante.
- Eje logístico, por su localización geográfica.
- Se cuenta con clústeres aeroespaciales en la entidad.

4.2. Oportunidades

- Desarrollo de capital humano de alta especialización.
- Demanda para la proveeduría local.
- Prioridad que se asigna a este sector a nivel de la política federal y estatal
- Impulso a la estructuración de cadenas de suministro.
- Capacidades existentes para desarrollar software embebido para cubrir necesidades del sector.
- Atracción al estado de centros de desarrollo tecnológico específicos para el sector (diseño y pruebas).
- Crecimiento de los recursos federales para I+D.

4.3. Debilidades

- Diferencia en tiempos entre la academia y las empresas del sector.
- Falta de sentido de pertenencia entre las empresas del sector.
- Falta de bases bien fortalecidas en el sector que permita responder a las tendencias tecnológicas globales.
- Cadena de suministro débil y falta de integración de proveeduría nacional.
- Falta de capital humano con experiencia en tecnología aeroespacial y de procesos de manufactura no convencional (formación especializada).
- Necesidad de mejorar la organización y efectividad en planes gobierno- industria- academia.
- Baja incorporación de tecnología a procesos de manufactura.

4.4. Amenazas

- Inestabilidad económica mundial.
- Inseguridad y corrupción.
- Competencia internacional, principalmente asiática que genera un desincentivo para el diseño y producción local.

- Competencia de otros estados por las inversiones para esta industria.
- Alta dependencia económica y tecnológica de Estados Unidos.
- Desarticulación de las regiones más sobresalientes en materia aeroespacial a nivel nacional.

5. MARCO ESTRATÉGICO Y OBJETIVOS DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

El estado cuenta con fortalezas en el desarrollo de productos aeronáuticos de exportación, sin embargo el desempeño del comercio en el estado puede ser atribuido a sus costos de mano de obra comparativamente menores, más que a un alto nivel de productividad o capacidad de innovación. Podría decirse que estas características de desempeño son resultado de una industria que ofrecer servicios de maquila. En consecuencia, el desarrollo de capital humano y la generación de conocimiento y tecnología son aspectos medulares en el desarrollo y posicionamiento del sector.

En Baja California, debido al balance actual de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas en el área de especialización en la Industria Aeroespacial, se plantean como objetivos sectoriales:

- Fortalecer las capacidades del sector aeroespacial en Baja California mediante el desarrollo y consolidación de la **proveeduría local**, cumpliendo con los **estándares de calidad exigidos por esta industria**.
- Incentivar la competitividad de la Industria Aeroespacial de Baja California mediante estrategias de innovación en el **desarrollo de materiales**.
- Establecer **vínculos entre el sector académico y las empresas para coadyuvar en la articulación de una cadena de valor basada en el conocimiento**.

6. NICHOS DE ESPECIALIZACIÓN

El desarrollo de nuevos proveedores, primero en los subsectores en donde la Industria Aeroespacial del estado es fuerte y posteriormente escalar a especialidades de potencial de mercado en donde el estado aún no ha desarrollado fortaleza técnicas, es el principal reto en el corto y mediano plazo.

Para ello es necesario dar solución a diferentes obstáculos, entre ellos destaca que las corridas de producción del sector Aeroespacial son pequeñas, lo que obliga a desarrollar sistemas de producción más flexibles y a prorratar los costos de herramientales en una menor cantidad de piezas, con lo cual es necesario aumentar la eficiencia de manufactura para ser competitivos en costos. Sin embargo, el mayor reto de este objetivo es **cumplir con normas de calidad más estrictas que requiere la certificación de procesos y plantas conforme a estándares especiales**. Si bien muchos proveedores mexicanos ya cuentan con certificaciones ISO y otras especiales de OEM's, ahora deben alinearse a nuevos modelos como el AS9000 y NADCAP con sus costos en recursos económicos y humanos asociados.

Por otra parte, para ayudar a aumentar la competitividad del sector en el estado, un área de oportunidad es la especialización en el desarrollo y uso de **metales avanzados como el titanio, aluminio-litio y cerámicos de alta resistencia** entre otros. Para esto es necesario el desarrollo de capacidades tecnológicas en áreas como en la formulación de nuevas aleaciones nano-tecnológicamente modificadas, materiales de nueva generación que permiten conformar piezas de chapa de mínimo peso y máxima resistencia para procesos con recuperaciones elásticas sobresalientes, entre otros.

En este contexto, los nichos de especialización son:

6.1. Certificación de proveedores: actuales y potenciales

La integración de empresas a la cadena de suministro de la Industria Aeroespacial les requiere certificarse en función de normas establecidas. Dicha certificación implica el desarrollo de procedimientos de operación, garantizar pruebas y ensayos, habilidades del personal y gestión de la calidad. Por ello, se plantea este nicho con el objetivo de habilitar

un mayor número de empresas especialmente, pequeñas y medianas, para que cumplan con los requisitos mencionados.

6.2. Desarrollo de materiales avanzados para el sector Aeroespacial

Entre los grandes retos tecnológicos de la Industria Aeroespacial destacan el aumento en la seguridad y la reducción de los costos. Desde el punto de vista técnico, ambos objetivos pueden ser atendidos, al menos parcialmente, mediante el desarrollo de materiales avanzados que tengan propiedades mecánicas superiores, con menor peso y mayor duración. El cumplimiento de estos objetivos resulta de la composición de materiales existentes y la incorporación de algunos nuevos que pueden resultar de la nanotecnología.

6.3. Capacidades técnicas avanzadas

Se enfatiza la provisión de servicios tecnológicos avanzados para desarrollar capacidades en procesos y herramientas especializados. La fabricación de piezas y componentes para aviones y otro tipo de aeronaves implica el dominio de procesos especiales de manufactura, que frecuentemente están asociados a herramientas especializados para lograr alta precisión y cumplimiento de especificaciones estrictas. Entonces, para cumplir con el objetivo de desarrollo de la proveeduría de mayor valor agregado, se requiere ofrecer a las empresas proveedoras un conjunto de servicios tecnológicos que las apoye en la adopción y asimilación de las tecnologías necesarias.

7. CARACTERIZACIÓN DE PROYECTOS PRIORITARIOS Y PLAN DE PROYECTOS

Los proyectos prioritarios son aquellos que tienen un gran impacto en fortalecer y dinamizar el sistema de innovación. Este tipo de proyecto se caracteriza por contribuir al desarrollo de un nicho de especialización, atendiendo una demanda estatal o regional. Su ejecución debe involucrar varias entidades y beneficiar a varias instituciones.

Durante la fase de talleres sectoriales se definieron los proyectos prioritarios en consenso con el Comité de Gestión, con base en las valoraciones de los miembros del taller sectorial.

7.1. Programa de certificación para la proveeduría local

Objetivo: Crear una entidad de apoyo a las empresas proveedoras de la Industria Aeroespacial. Agregar valor a la economía local por medio de la integración de las micro, pequeñas y medianas empresas en la cadena de suministros para convertirlas en proveedoras.

Justificación del Proyecto: En la industria aeronáutica se demandan productos con alto nivel de seguridad, en los que resulta necesario reconstruir la trazabilidad, es decir las formas en que se desarrollaron los procesos de manera detallada. Ello se traduce a su vez en la obtención de capacidades individuales y capacidades colectivas de tipo organizativo. En consecuencia, resulta fundamental el fomentar el cumplimiento de estándares de certificación internacionales.

Si bien, gran parte de las empresas del sector cuenta con alguna certificación, y un porcentaje menor tiene además un reconocimiento corporativo, para fomentar el desarrollo de capacidades en la industria del estado e incrementar el número de proveedores nacionales al sector, es necesario que las micro, pequeñas y medianas empresas interesadas en integrarse a la cadena de suministros del sector se certifiquen al menos en ISO 9001 – 2000, AS 9100 y NADCAP.

Descripción del proyecto: El interés de la cadena productiva del sector, es trabajar con proveedores cada vez más competitivos, de costos bajos y alta calidad. Existe interés por

iniciar con el desarrollo de nuevos proveedores estatales tipo Tier 2 y en el mediano y largo plazo escalar para el desarrollo de Tier 1.

El Programa de fomento a la certificación iniciará en segmentos con necesidades bien definidas en donde se requiere proveedores especializados capaces de cubrir expectativas específicas (nichos de mercado); en éste sentido un área de oportunidad es el *“insourcing”* de **servicios de reparación y mantenimiento de componentes especializados**, en áreas como **electrónica de motores, sistemas de control de vuelo, sistemas embebidos; modificación de aeronaves, reparaciones de componentes mayores como tren de aterrizaje, hélices, componentes dinámicos, entre otros**. Además se percibe gran oportunidad en procesos de manufactura no tradicional como tratamiento de superficies, endurecimientos de materiales, procesos electrolíticos, entre otros.

Los principales retos en los que trabajará el Programa de fomento a la certificación de proveedores son:

- Lograr que PyME cuenten con los recursos de tipo estratégico para competir en mercados de creciente demanda y lograr cumplir con estándares y sistemas de calidad de proveeduría. Un factor vital es tener apoyos integrales para que puedan lograr el cumplimiento de especificaciones técnicas, estándares y normas diversas.
- Innovación y especialización tecnológica como área de oportunidad en procesos y productos del sector. Para afrontar este reto se debe fomentar el interés de empresarios por asumir el riesgo de participar en nuevos mercados a través de la especialización inteligente y una adecuada articulación entre las instituciones educativas y empresas.

El Programa de fomento a la certificación de proveedores deberá poner a disposición de las PyME diferentes herramientas de apoyo, que le permitirán incrementar su productividad y competir en mejores condiciones en los mercados del sector que son globales. Deberá ofrecer capacitación continua y fomentar facilidades económicas (podría ser mediante financiamientos o co-participación pública-privada) a las empresas candidatas a integrarse en el sector. El apoyo deberá situarse por lo menos en las siguientes áreas:

- **ISO 9001** Es la base del sistema de gestión de la calidad ya que es una norma internacional que se centra en todos los elementos de administración de calidad

con los que una empresa debe contar para tener un sistema efectivo que le permita administrar y mejorar la calidad de sus productos o servicios.

- **ISO/TS 16949** Estándar de sistema de gestión de calidad basado en la mejora continua, la prevención de errores y la reducción de deshechos a lo largo del proceso productivo.
- **AS9003** Las organizaciones de producción con procesos o productos relativamente simples pueden ser alentados por los fabricantes de equipo original (OEM) de la Industria Aeroespacial para buscar la certificación bajo los requisitos de AS9003 como una alternativa a la norma ISO 9001:2000.
- **AS9110** Normativa para el mantenimiento aeroespacial, e incluye la norma ISO 9001:2000 sistema de gestión de calidad con los requisitos adicionales necesarios para un sistema de gestión de calidad para organizaciones de mantenimiento aeroespacial.

Para **incentivar el interés de PyME en la inversión del proceso de certificación**, el Programa de fomento a la certificación de proveedores deberá promover los contactos de negocio entre las grandes empresas y las PyME en áreas en donde sean competitivas, además de promover alianzas estratégicas entre ellas para consolidar la cadena productiva. Por lo tanto, es recomendable que el Programa incluya las actividades de **identificar y organizar potenciales cadenas formadas por una empresa cliente (armadora o Tier 1) y potenciales proveedores, bajo un enfoque de cadenas de valor**, para lo cual deberá:

- Efectuar un análisis del mercado potencial para los productos en nichos a lo largo de la cadena productiva.
- Desarrollar un análisis de los puntos críticos que demandan los productos (condiciones de entrega y pago, tamaño de producción, condiciones de calidad, etc.)
- Analizar los servicios que desarrollan las empresas candidatas a integrarse a la cadena.
- Efectuar una prospectiva de la cadena y un ejercicio de comparación entre la oferta y demanda y, ejecución de programa promoción de productos.

El Programa de fomento a la certificación de proveedores deberá desarrollarse en co-participación industria-gobierno estatal y podría ser liderado por el Clúster de la Industria Aeroespacial de Baja California.

Los factores críticos para el éxito del proyecto son:

- Apoyo del sector público/privado para certificación de las empresas.
- Reforzar la interacción y promover mayor vinculación industria-academia-centros de investigación, enfocada la mejora de procesos para certificación.
- Simplificar el otorgamiento de fondos para el desarrollo tecnológico de la industria.
- Impulsar el desarrollo científico y tecnológico del sector de manufactura en servicios secundarios como tratamiento de superficies, endurecimientos de materiales, moldes, herramentales, entre otros.

Ilustración 12. Mapa de ruta Programa de certificación para la proveeduría local



Fuente: CamBioTec, A. C., 2014

7.2. Programa de desarrollo de materiales avanzados

Objetivo: fomentar el desarrollo tecnológico aplicado y formación de recursos humanos en ciencia de materiales de interés para el sector aeronáutico con miras a impulsar el desarrollo y competitividad del sector en el estado.

Justificación del Proyecto: la Industria Aeronáutica no está exenta de medidas de austeridad, no solo por buscar mitigar el impacto de los futuros precios de los combustibles, sino por aumentar la productividad en el desarrollo de diferentes componentes. En este sentido, las innovaciones en el uso de materiales avanzados es de una importancia transversal al sector aeronáutico, por ejemplo, para el desarrollo de motores más eficientes, ahorro de espacios interiores, facilidad para el diseño y manufactura de fuselaje, la conformación de aviones más ligeros y consecuentemente con beneficios para el medio ambiente por la eficiencia del combustible y ahorro de energía para la manufactura de partes, y la incorporación de materiales con propiedades mecánicas superiores.

Considerando las capacidades vigentes en la entidad con la presencia de importantes empresas fabricantes de componentes maquinados y subensambles de diversos sistemas primarios y secciones menores, se identifica como área de oportunidad fomentar el desarrollo tecnológico y formación de recursos humanos en el área de ciencia de materiales avanzados.

Descripción del proyecto: establecer una política de apoyo a la investigación y desarrollo de prototipos de componentes aeronáuticos con materiales avanzados. Para ello se debe fomentar el diseño de ingeniería, desarrollo de ciencia de materiales básica, asimilación y adquisición de técnicas y tecnologías necesarias para la manufactura de productos con nuevos materiales, fabricación e inspección de componentes, entre otros. En el corto plazo se debe responder a las necesidades técnicas para el mantenimiento y reemplazo de componentes menores y superficies de control, así como estructuras de aeronaves. En el mediano y largo plazo la expectativa es trabajar en el desarrollo de componentes mayores y aeropartes de especialidad como piezas dinámicas en motores.

Es indispensable que el programa se centre en la colaboración del Centro de Nano-ciencias y Nanotecnología, la Universidad Autónoma de Baja California y el clúster aeroespacial.

Las áreas tecnológicas prioritarias para el fomento al desarrollo tecnológico aplicado son:

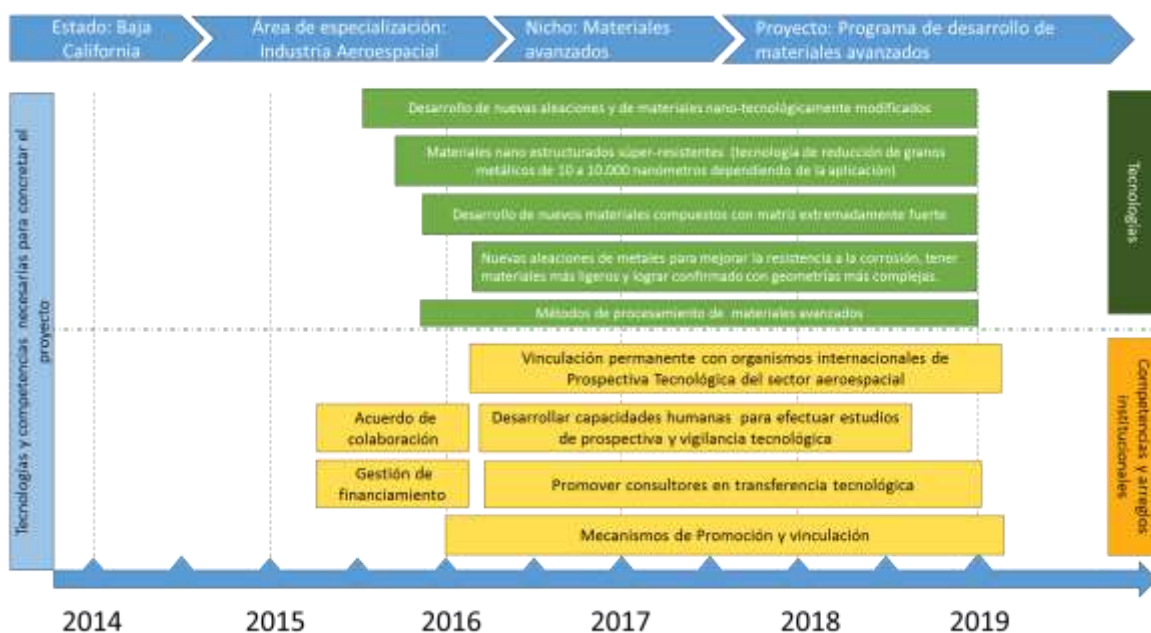
- **Nanotecnología:** tecnología de reducción de los granos metálicos (de 10 a 10.000 nanómetros dependiendo de la aplicación) para aumentar la resistencia del material con aplicación en el diseño estructural de vehículos aeroespaciales y en consecuencia el rendimiento de combustibles.
- **Nuevos materiales compuestos:** para diferentes elementos sometidos a altas temperaturas y con demandas de desempeño singular, como piezas de motores en donde se demandan materiales compuestos de matriz extremadamente fuerte con microestructuras de refuerzo (por ejemplo mezclando de óxidos de aluminio con silicio y cristales de magnesio con óxido de hierro).
- **Estructuras:** buscar nuevas aleaciones de materiales (por ejemplo aleaciones de magnesio modificadas con elementos lantánidos o aleaciones de titanio y aluminio) para mejorar la resistencia a la corrosión, tener materiales más ligeros y lograr confirmado con geometrías más complejas.

El programa deberá promover la interacción entre miembros del ecosistema de innovación al colaborar en proyectos de desarrollo de procesos de ingeniería, diseño mecánico, sistemas de producción y optimización. El programa deberá fomentar la interacción entre estudiantes de posgrado de electrónica, mecatrónica, mecánica y ciencia de materiales de la Universidad Autónoma de Baja California, de la Universidad Tecnológica de Tijuana, del Instituto Tecnológico de Mexicali entre otras instituciones con programas de posgrado de interés para el desarrollo nuevos materiales. También deberá promover la difusión y ofrecimiento de servicios de la academia a la industria como:

- Análisis químicos bajo la norma NMX-17025
- Metrología bajo la norma NMX-17025
- Microscopía electrónica de barrido
- Pruebas ambientales (ruido, sustancias químicas, polvos, luminosidad, etc.)
- Pruebas de corrosión bajo la norma NMX-17025
- Pruebas magnéticas
- Pruebas mecánicas
- Difracción de rayos-X
- Identificación de compuestos
- Caracterización óptica

Los factores críticos para el éxito de esta red son: la promoción de la identificación de áreas tecnológicas prioritarias dentro del sector, programas de apoyo al riesgo tecnológico por parte del sector empresarial, cultura de trabajo vinculado entre la industria y centros de investigación, formación de técnicos y profesionistas (enfoque hacia la calidad) e integración con el sector gubernamental.

Ilustración 13. Mapa de Ruta, Programa de desarrollo de materiales avanzados



Fuente: CamBioTec, A. C., 2014

7.3. Programa de Investigación Colaborativa Binacional sobre materiales avanzados (CANFSA- Center for advanced non ferrous structural alloys)

Objetivo: Crear una entidad de apoyo a las empresas proveedoras de la Industria Aeroespacial especializada en aleaciones no ferrosas. Fortalecer y consolidar las capacidades científico-tecnológicas en desarrollo de materiales avanzados mediante el establecimiento de un consorcio de investigación vinculado con CANFSA (EUA).

Justificación del Proyecto: La creciente Industria Aeroespacial se encuentra en proceso de transformación de los materiales mayormente utilizados en sus aeronaves, lo que conlleva una fuerte necesidad por generar conocimientos especializados en el área aleaciones no ferrosas que permitan obtener componentes con mayor rapidez, mayores capacidades mecánicas y a menor costo.

Es vital generar una masa crítica de expertos, forjados a través de proyectos de aplicación precompetitiva que generará nuevas líneas para la innovación de nuevos materiales.

Descripción del proyecto: Se busca establecer una alianza entre los miembros de la red de innovación aeroespacial en Baja California y CANFSA que permita mejorar las capacidades de investigación relacionada con aleaciones no ferrosa apoyándose en nuevos modelos computacionales para la experimentación en formación de aleación; así como para para adquirir conocimientos y mayor experiencia en el uso de novedosas técnicas para la identificación de microestructura, caracterización de la propiedades en metales como aluminio, magnesio, titanio y aleaciones a base de níquel y sus compuestos. Se buscará apoyar proyectos relacionados en las siguientes líneas:

- Desarrollos tecnológicos de interés industrial para el sector aeronáutico de Baja California en materia de aleaciones no ferrosas comerciales.
- Proyectos relacionados con desarrollo de aleaciones para ingeniería, ensayos y caracterización avanzada.
- Proyectos de desarrollo de aleaciones estructurales.
- Desarrollo de súper-aleaciones, aleaciones ligeras, procesos de manufactura, simulación y caracterización

Un objetivo principal del centro es educar a los estudiantes en áreas como la metalurgia física tradicional y métodos de modelación computacional.

Ilustración 14. Mapa de ruta, Programa de Investigación Colaborativa Binacional sobre materiales avanzados (CANFSA)



Fuente: CamBioTec, A. C., 2014

7.4. Centro de Entrenamiento Técnico Aeroespacial Mexicali (CETAM)

Objetivo: Ofrecer una formación práctica basada en competencias de personal técnico para la industria de transporte en Baja California, principalmente del sector aeroespacial y automotriz. Formar capital humano integral que responda a las necesidades de la industria a partir de la actualización de capacidades que permitan proveer el capital humano requerido para esta estrategia estatal de competitividad.

Justificación del proyecto: La impartición de programas de entrenamientos diseñados por competencias responde a las necesidades de las industrias Aeroespacial y Automotriz de la región, que demandan la necesidad de contar con técnicos operadores especializados mejor

calificados, certificados y que se desempeñen de manera eficaz. Actualmente existen recursos humanos con perfiles certificados difíciles de conseguir en el sector. En este sentido es necesario reforzar la preparación del capital humano por competencias que actualmente ya labora en la industria para alinear la demanda de conocimientos y habilidades, en diferentes áreas de manufactura avanzada encaminada al sector aeronáutico.

Descripción del proyecto: La Industria Aeroespacial de Baja California requiere promover el desarrollo de capacidades de vanguardia dentro de los procesos de manufactura especializados. Es necesario formar talento humano de alto nivel en el área de manufactura con las competencias para desarrollar procesos y con proyectos ligados a la industria que cuente con habilidades y conocimiento para el manejo de equipos similares a los que usa las empresas.

Con este proyecto se busca satisfacer las necesidades de actualización o perfeccionamiento de conocimientos, actitudes y prácticas que permitan lograr un mejor desempeño laboral de los profesionales del área de manufactura avanzada en el estado. Algunas especialidades que demanda del sector, para la formación de personal a nivel técnico y profesional son:

- Manufactura Asistida por Computadora
- Propiedades mecánicas mejoradas (tecnologías de materiales nanoestructurados y aceros sinterizados).
- Capacitación en tecnologías para la mejor resistencia a la corrosión (tecnologías de magnesio modificadas con elementos lantánidos).
- Recubrimientos de durabilidad mejorada (tecnologías de nanopartículas)
- Capacitación en tecnologías de fabricación aditiva y microtecnologías (maquinaria capaz de fabricar con tolerancia micropiezas de gran precisión)
- Equipos modulares de alta flexibilidad de producción y con arquitecturas de controles abiertos
- Equipos con nuevas tecnologías de alta velocidad y precisión (por ejemplo tecnologías de pulido automático por láser)
- Equipos para proceso especializados de alta eficiencia (nuevas tecnologías de texturizado y micro-maquinado)
- Combinación de herramientas para mecanizado de súper aleaciones metálicas (fresado por agua, mecanizado flexible de precisión, entre otros).

- Eficiencia de herramientas y mejora en su vida útil (tecnologías de sistemas de micro-enfriamiento de herramienta, análisis de señales sónicas mediante ondículas)
- Técnicas de optimización de materia prima y mano de obra.

Ilustración 15. Mapa de ruta, Centro de Entrenamiento Técnico Aeroespacial Mexicali (CETAM)



Fuente: CamBioTec, A. C., 2014

Con este proyecto se busca satisfacer las necesidades de actualización o perfeccionamiento de conocimientos, actitudes y prácticas que permitan lograr un mejor desempeño laboral de los profesionales del sector aeronáutico en el estado. Entre los Factores Críticos de Éxito se encuentran:

- Creación de programas de vinculación industria-industria y academia-industria para la mejora del capital humano. La vinculación permitirá generar planes integrales y estrategias en pro del desarrollo de la industria.
- Espíritu de colaboración entre centros de investigación presentes en el estado.
- Fortalecimiento de programa de estancias de docentes en el sector productivo

- La participación de empresas consolidadas para apoyar la formación de recursos humanos mediante programas de estancias industriales para docentes y estudiantes.
- Estructuración de una cartera de cursos, diplomados y especializaciones para diferentes necesidades de la industria.

7.5. Desarrollo de proveedores especializados de alto valor para la industria

Objetivo: Lograr que las PyME cuenten con los recursos tecnológicos de tipo estratégico para competir en mercados de creciente demanda y lograr cumplir con estándares y sistemas de calidad de proveeduría. Un factor vital es tener apoyos integrales para que puedan lograr el cumplimiento de especificaciones técnicas, estándares y normas diversas.

Justificación del proyecto: El interés de la cadena productiva del sector es trabajar con proveedores cada vez más competitivos, de costos bajos y alta calidad. Existe interés principalmente en las empresas Tier 1 en desarrollar nuevos proveedores nacionales que cumplan con estas características. Por otra parte, la escasez de innovación y especialización tecnológica en procesos y productos del sector ocasiona que las empresas pierdan interés por asumir el riesgo de participar en nuevos mercados.

Para favorecer la entrada de nuevas empresas a la cadena productiva aeroespacial, es recomendable iniciar un programa de desarrollo de proveedores especializados capaces de cubrir las expectativas específicas (nichos de mercado) en el sector.

Descripción del proyecto: consiste en una estrategia integral de desarrollo de proveedores para el sector Aeroespacial de Baja California, mismo que deberá identificar y organizar potenciales cadenas formadas por una empresa cliente (armadora o Tier 1) y potenciales proveedores, bajo un enfoque de cadenas de valor, para lo cual deberá:

- Efectuar un análisis del mercado potencial para los productos en nichos a lo largo de la cadena productiva.

- Desarrollar un análisis de los puntos críticos que demandan los productos (calidad, condiciones de entrega y pago, tamaño de producción, etc.)
- Analizar los servicios que desarrollan las empresas candidatas a integrarse a la cadena.
- Efectuar una prospectiva de la cadena y un ejercicio de comparación entre la oferta y demanda y, ejecución de programa promoción de productos.

El programa deberá contemplar apoyo a la certificación en por lo menos alguna certificación en calidad y otra en procesos de implementación como **AS 9100, ISO 9001-2000, Nadcap, ISO 14001, QS 900 o QLP** entre otras. Se deberá promover el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas, según sea el objeto social de la empresa, entre ellas Norma sobre modificación y alteraciones de aeronaves (PROY-NOM-021/3-SCT3-2010), Norma para manufacturar productos aeroespaciales (NOM-021/5-SCT3-2011), Norma sobre servicios complementarios de rampa (NOM-040/5-SCT3-2011), Norma sobre requisitos y especificaciones para el establecimiento y funcionamiento del taller aeronáutico (PROY-NOM-145-SCT3-2000), entre otras.

Los factores críticos para el éxito del proyecto son:

- Apoyo del sector público/privado para certificación de las empresas.
- Reforzar la interacción y promover mayor vinculación industria-academia-centros de investigación, enfocada a proyectos de innovación.
- Simplificar el otorgamiento de fondos para el desarrollo tecnológico de la industria.
- Impulsar el desarrollo científico y tecnológico del sector de manufactura en servicios secundarios como electropulido, procesos electrolíticos, tratamiento de superficies, endurecimientos de materiales, moldes, troqueles, herramentales, entre otros.

Ilustración 16. Mapa de ruta, Desarrollo de proveedores especializados de alto valor para la industria



Fuente: CamBioTec, A. C., 2014

7.6. Proyectos complementarios

Título: Programa de fortalecimiento de los departamentos de I+D en las empresas del sector en Baja California

Objetivo: Impulsar el desarrollo y promoción de la innovación en productos y procesos, articulando a clústeres con los Centros Públicos de Investigación e instituciones de educación media y superior.

Justificación del proyecto: es necesario fomentar la vinculación efectiva universidad-industria y aumentar la cultura de inversión en proyectos de desarrollo tecnológico entre las empresas del sector en el estado.

Título: Fortalecimiento del ecosistema de proveedores para la Industria Aeroespacial, mediante una red de servicios tecnológicos especializados

Objetivo: Impulsar la competitividad de la región en el sector aeroespacial mediante el apoyo tecnológico para la integración de empresas con potencial de ser proveedoras de la Industria Aeroespacial.

Justificación del proyecto: en el estado se encuentran instaladas numerosas empresas con capacidades técnicas, pero que no cumplen con los altos estándares de calidad y certificaciones demandados por la Industria Aeroespacial; en ese sentido es necesario el fomento a la capacitación, asesorías y consultoría de apoyo a las empresas para reconvertirse e integrarse a la cadena de valor. Los diversos actores que pueden apoyar a estas empresas requieren ser aglutinados y ofrecerles esquemas de financiamiento para que colaboren activamente en el desarrollo y madurez de los posibles proveedores de la Industria Aeroespacial.

Título: Reconocimiento de las capacidades regionales de la Industria Aeroespacial para estructurar una oferta para la atracción de inversiones y empresas tractoras

Objetivo: Fomentar el desarrollo de la cadena de suministro en la Industria Aeroespacial mediante un sistema de información que refiera a las numerosas empresas que manufacturan, diseñan y analizan componentes de aeronaves.

Justificación del proyecto: Se requiere generar información uniforme, por parte de los organismos encargados de la promoción del estado, para atraer inversión extranjera; también se necesita fomentar el interés de las empresas que ya se encuentran en la región para que realicen contratos de manufactura con los proveedores locales.

7.7. Matriz de proyectos

Tabla 11. Matriz de proyectos del área de especialización Industria Aeroespacial

Área de especialización	Nicho	Proyecto Prioritario (P)/ Complementario (C)		Objetivo	Fuentes potenciales de financiamiento
Industria Aeroespacial	Certificación de proveedores	Programa de certificación para la proveeduría local	P	Agregar valor a la economía local por medio de la integración de las micro, pequeñas y medianas empresas en la cadena de suministros para convertirlas en proveedoras.	FOMIX, FINNOVA, INNOVAPYME INADEM, PROMÉXICO
		Fortalecimiento del ecosistema de proveedores para la Industria Aeroespacial mediante una red de servicios tecnológicos especializados	C	Impulsar la competitividad de la región en el sector aeroespacial mediante el apoyo tecnológico para la integración de empresas con potencial de ser proveedoras de la Industria Aeroespacial.	FOMIX, FINNOVA, INNOVAPYME INADEM, PROMÉXICO
		Reconocimiento de las capacidades regionales de la Industria Aeroespacial para estructurar una oferta atractiva para la atracción de inversiones y empresas tractoras	C	Fomentar el desarrollo de la cadena de suministro en la Industria Aeroespacial aprovechando las numerosas empresas que manufacturan, diseñan y analizan componentes de aeronaves.	FOMIX, FINNOVA, INNOVAPYME INADEM, PROMÉXICO
	Capacidades técnicas avanzadas	Centro de Entrenamiento Técnico Aeroespacial Mexicali (CETAM)	P	Formación práctica, basada en competencias de personal técnico para la Industria de Transporte en Baja California, principalmente del sector Aeroespacial y	FOMIX, FINNOVA, INNOVAPYME INADEM, PROMÉXICO

Área de especialización	Nicho	Proyecto Prioritario (P)/ Complementario (C)		Objetivo	Fuentes potenciales de financiamiento
				Automotriz; integración de éste en la industria para generar empleos y contribuir a la disminución de índices delictivos y de violencia en Mexicali.	
		Desarrollo de proveedores especializados de alto valor para la industria	P	Formalizar mediante estrategias de asociacionismo o desarrollo endógeno, operaciones que oferten procesos especiales y herramientas especializadas.	FOMIX, FINNOVA, INNOVAPYME INADEM, PROMÉXICO
	Materiales avanzados	Programa de desarrollo de materiales avanzados	P	Fomentar el desarrollo tecnológico y la formación de recursos humanos en ciencias de los materiales de interés para el sector Aeronáutico, con la finalidad de impulsar el desarrollo y competitividad del sector en el estado, bajo líneas específicas como: Materiales compuestos y súper aleaciones.	FOMIX, FINNOVA, INNOVAPYME INADEM, PROMÉXICO
		Programa de investigación colaborativa binacional sobre materiales avanzados	P	Fortalecer y consolidar las capacidades científico-tecnológicas en desarrollo de materiales avanzados, mediante el establecimiento de un consorcio de investigación vinculado con CANFSA (EUA).	FOMIX, FINNOVA, INNOVAPYME INADEM, PROMÉXICO
		Programa de fortalecimiento de los departamentos de I+D en las empresas grandes en BC	C	Impulsar el desarrollo y promoción de la innovación, articulando a los con los clústeres Centros Públicos de Investigación y las universidades.	FOMIX, FINNOVA, INNOVAPYME INADEM, PROMÉXICO

REFERENCIAS CONSULTADAS

AEM. (2014). Catálogo y análisis de capacidades de investigación y desarrollo tecnológico espacial en México. México D.F.: Agencia Espacial Mexicana.

Carrillo, J. y Hualde, A. (2009). Potencialidades y limitaciones de sectores dinámicos de alto valor agregado. La Industria Aeroespacial en México. En C. Neffa, E. de la Garza, y L. Muñiz, (Comp.), *Trabajo, empleo, certificaciones profesionales, relaciones de trabajo e identidades laborales*. (pp. 373-397) Buenos Aires: CLACSO: CAICYT.

Carrillo, P.A. (2012, diciembre 31). Fortaleció Baja California su Industria Aeroespacial en 2012. El Sol de Tijuana. Recuperado de <http://www.oem.com.mx/elsoldetijuana/notas/n2825523.htm>

CETYS (2014). Página Oficial. Ingeniería Mecánica. Opción Diseño Aeroespacial. Recuperado de http://www.mx1.cetys.mx/nareas/nareas/Diseno_aeroespacial.pdf

Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (s.f.). Desarrollo de un plan estratégico para el fortalecimiento y articulación de la cadena de valor de la industria aeronáutica en el estado de México. [folleto] México: COMECYT.

Domínguez, L. y F. Brown (2004), Medición de las Capacidades Tecnológicas en la Industria Mexicana. *Revista de la CEPAL*. Vol. 83 Recuperado de <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/4/19424/lcg2231eDominguezBrown.pdf>

EATON (2013). EATON en México. Recuperado de <http://www.eaton.mx/Mexico/index.htm>

Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (2012a). La visión de la Industria Aeroespacial. Foro Infraestructura Espacial para el Desarrollo de México. Comisión de Ciencia y Tecnología. Agencia Espacial Mexicana. Recuperado de <http://www.aem.gob.mx/fileadmin/userupload/media/AEM-06/ponencia-FEMIA.Pdf>

Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (2012b). Pro-Aéreo 2012-2020 Programa Estratégico de la Industria Aeroespacial. Secretaría de Economía. Recuperado de <http://www.promexico.gob.mx/work/models/promexico/Resource/2353/1/images/Proaereo.pdf>

Flores, F. (2014, febrero 12) El Clúster de Querétaro ya vuela solo. El Financiero. Recuperado de <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/el-cluster-aero-nautico-de-queretaro-ya-vuela-solo.html>

Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia (2013, septiembre). TechBA Aerocamp, impulsando a las empresas mexicanas del sector aeroespacial. Recuperado de http://fumec.org.mx/v6/index.php?option=com_content&view=article&id=408:aerocamp&catid=118&Itemid=562&lang=es

Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia (FUMEC) 2014. Agendas estatales y regionales de innovación, ¿Qué son las Agendas?. Sitio web del proyecto. Disponible en: http://www.fumec.org/agendasinnovacion/?page_id=2; consultado en julio 31 de 2014.

González; Valentina (2014). Positiva balanza comercial de Industria Aeroespacial, en <http://www.manufactura.mx/industria/2014/03/05/positiva-balanza-comercial-de-industria-aeroespacial>

Hernández, J. (2011). Transferencia de conocimiento en la Industria Aeroespacial mexicana: el caso de *Bombardier* Aeroespacial, Querétaro. Revista de economía del Caribe. No. 7 pp. 231-259. Recuperado de <http://ideas.repec.org/a/col/000382/010272.html>

Hualde, A. y Carrillo, J. (2007a). La Industria Aeroespacial en Baja California. Características productivas y competencias laborales y profesionales. Tijuana: El Colegio de la Frontera Norte.

Hualde, A. y Carrillo, J. (2007b). Diagnóstico de la Industria Aeroespacial en Baja California. Características productivas y requerimientos actuales y potenciales de capital humano. COLEF Recuperado de <http://colef.net/ApWp-JCarrillo/wp-content/uploads/2012/04/PU328.pdf>

Industria Aeroespacial (2012). Goodrich Aerospace de México. Recuperado de <http://www.industria-aeroespacial.com/2012/02/goodrich-aerospace-de-mexico/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2011). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. Recuperado de <http://gaia.inegi.org.mx/denue/viewer.html>

Metalmecánica (2011). Industria Aeronáutica en México: Volando alto. Recuperado de http://www.metalmecanica.com/mm/secciones/MM/ES/MAIN/IN/ARTICULOS/doc82356_HTML.html?idDocumento=82356

Morán, & Mayo, A. (2013). La Ingeniería en la Industria Aeroespacial. Academia de Ingeniería de México. Recuperado de: <http://www.observatoriodelaingenieria.org.mx/docs/pdf/5ta.%20Etapa/15.La%20ingenier%C3%ADa%20en%20la%20industria%20aeroespacial%20en%20M%C3%A9xico.pdf>

Mugarra. (2000). Tendencias tecnológicas en el sector aeronáutico. Congreso de Estudios Vascos: Ciencia, tecnología y cambio social en Euskal Herria, (págs. 127 - 130). Eusko Ikaskuntza.

Programa espacial de ciencia e innovación tecnológica de Baja California, (2009-2013). Recuperado de: http://www.transparenciabc.gob.mx/portal/documentos/programas/pesp_CiencialnovTecno.pdf

ProMéxico (2012), Plan de vuelo. Industria Aeroespacial de México, Mapa de Ruta, Baja California. Recuperado de: <http://www.promexico.gob.mx/work/models/comercio/Resource/130/1/images/PlanVueloBajaCalifornia.pdf>

ProMéxico (2012a). *Inversión y Comercio. Informe de Resultados Enero de 2011/ Junio de 2012*. Recuperado de [http://www.promexico.gob.mx/archivos/Informe de resultado s/PROMEXICO_INFORME_low.pdf](http://www.promexico.gob.mx/archivos/Informe%20de%20resultados/PROMEXICO_INFORME_low.pdf)

ProMéxico (2012b). *Plan de Vuelo. Industria Aeroespacial de México, Mapa de Ruta. Baja California*. Recuperado de http://www.promexico.gob.mx/work/models/promexico/Resource/1983/1/images/MRT_Baja_California_2012_esp.pdf

Secretaría de Economía (2012). Industria Aeronáutica en México. Marzo de 2012. Recuperado de [http://www.economia.gob.mx/files/Monografia Industria Aeronautica.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/Monografia_Industria_Aeronautica.pdf)

Secretaría de Economía (2014). Instrumentos de comercio exterior. Industria manufacturera maquiladora y de servicios de exportación (IMMEX). Recuperado de:

<http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/industria-y-comercio/instrumentos-de-comercio-exterior/immex>

Secretaría de Economía (2014). Instrumentos de comercio exterior. Programa de devolución de impuestos de importación a los exportadores (*drawback*). Recuperado de: <http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/industria-y-comercio/instrumentos-de-comercio-exterior/draw-back>

SEDECO (2014). Construye Baja California alianzas para fortalecer la Industria Aeroespacial. Recuperado de <http://www.bajacalifornia.gob.mx/sedeco/noticias/2014/marzo/12032014.html>

SIBAJA, T (2014). Presentación: Proyectos prioritarios aeroespaciales. Clúster aeroespacial de Baja California A.C.

SIBAJA, T. (2013). Presentación del clúster aeroespacial de Baja California A.C.

US Aerospace. (2002). Final Report of the Commission on the Future of the United States Aerospace Industry. EU: Commission on the Future of the United States Aerospace Industry.

Valle, Raúl (2012) PRO-AÉREO 2012-2020. El programa que impulsa la Industria Aeroespacial en México en: <http://www.visionindustrial.com.mx/industria/para-no-perderse/pro-aereo-2012-2020-el-programa-que-impulsa-la-industria-aeroespacial-en-mexico.html>

APÉNDICES

Apéndice A: Listas de asistencia al taller sectorial

Lista de asistencia.

Taller de trabajo para definición de la agenda sectorial de Innovación

Fecha: 30-04-2014

Hora: 16:30 HRS

Sede: Oficinas de Consejo de Desarrollo Económico de Mexicali, A.C. CDEM

Estado: BAJA CALIFORNIA

Sector de actividad económica:

AEROSPACIAL

Paseo del Valle W444-A, Col. Jardines del Valle.

Facilitador(es) del taller:

M.C. Carlos Gerardo López, Dra. Carmen Alcalá, Dr. Ismael Plascencia

GRADO	NOMBRE	ADSCRIPCION	CARGO	CORREO ELECTRONICO	TELEFONO	FIRMA
1	Ing. Aldo Romero Moreno	Honeywell Aerospace	Gerente General	aldo.romero@honeywell.com C.C. ana.aladro@honeywell.com	842-5757	
2	Sr. Ricardo Garcia	Honeywell	Gerente del Centro de Investigación y tecnología de Honeywell Aerospace	jesus.raicga2@honeywell.com	842-5415	
3	Ing. Andy Najafian	GKN Aerospace y Presidente del Cluster Aeroespacial de Mexicali	Gerente General	andy.najafian@usa.aeroaerospace.com	905-5720	
4	Ing. Brad Nelson	LMI Aerospace	Gerente General	brad@lmi.aerospace.com		
5	Dic. Juan de Dios Ocampo Diaz	Universidad Autónoma de Baja California	Coordinador de Programa Educativo de Ingeniero Aeroespacial	juan.ocupado@uabc.edu.mx	1003964	
6	M.C. Omar Alejandro Maiz Lucero	Universidad Autónoma de Baja California	Profesor de tiempo completo Ingeniería Aeroespacial. Facultad de Ingenierías	omar.maiz@uabc.edu.mx	5661270	
7	M.C. Jorge Soza López	Cetys Universidad, Campus Mexicali	Director de la Escuela de Ingeniería	jorge.sosa@cetys.mx	567-3707	
8	M.C. Jesus Corona de la Fuente	Cetys Universidad, Campus Mexicali	Coordinador del Centro de Excelencia en Diseño e Innovación	jesus.corona@cetys.mx		
9	Ing. Jose Luis Arroyo Pelayo	Cetys Universidad, Campus Mexicali	Director de Vinculación	jose.arroyo@cetys.mx	567-3762	



Lista de asistencia.

Taller de trabajo para definición de la agenda sectorial de Innovación

Fecha: 30-04-2014

Hora: 16:30 HRS

Sede: Oficinas de Consejo de Desarrollo Económico de Mexicali, A.C. CDEM

Estado: BAJA CALIFORNIA

Sector de actividad económica:

AEROSPAICAL

Facilitador(es) del taller:

M.C. Carlos Gerardo López, Dra. Carmen Alcalá, Dr. Ismael Plascencia

GRADO	NOMBRE	ADSCRIPCION	CARGO	CORREO ELECTRONICO	TELEFONO	FIRMA
10	Dr. Benjamin Valdes Salas	Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California	Investigador	benval@uabc.edu.mx	566-4150	
11	Lic. René Xavier Acuña Uscatega	Consejo de Desarrollo Económico de Mexicali, A.C. CDEM	Director Ejecutivo	rene.acuna@cдем.org.mx	554-7429	
12	M.C. Joseph Lea	Gulfstream Aerospace Mexico (Mexicali)	Gerente de Operaciones	joe.lea@gulfstream.com	562-8600	
13	Ing. Randy Brown	Gulfstream Aerospace Mexico (Mexicali)	Vicepresidente y Gerente General	Randy.Brown@utias.utic.com		
14	Sr. Juan J. Pérez	UTC Aerospace Systems	Vicepresidente	jjperez@uacohs.com	242-8400	
15	Ing. MAURO CAPELLEAS	Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia FUMEC	Coordinador Baja California	CC_Gary.Sullivan@utias.utic.com y jmauro@prodich.com	9049973	
16	M.C. Arturo Medrano Leal	Universidad Autónoma de Baja California	Profesor	amdrano@umec.org	9621166	
17	Ing. Alonso Saul Osuna	Gulfstream Aerospace Mexico (Mexicali)	Director de Tecnologías de Manufactura	alonsosaul.osuna@gmail.com	581200955	
18	Sr. Alonso Kong	Gulfstream Aerospace Mexico (Mexicali)	Director de Manufactura	alokong@gulfstream.com		
19	Sr. Gary M. Sullivan	UTC Aerospace Systems	Gerente General	Gary.Sullivan@utias.utic.com		

