Estudio de las necesidades de capital humano de la Industria Aeroespacial en México

Este reporte ha sido elaborado por Giulia Salieri y Lucrecia Santibañez con el apoyo de Aurea Fuentes, del equipo de Fundación IDEA

Este estudio ha sido posible gracias al apoyo del pueblo de los Estados Unidos a través de la Agencia para el Desarrollo (USAID). Su contenido es responsabilidad de Fundación IDEA y Abt Associates y no refleja necesariamente el punto de vista de USAID o del Gobierno de los Estados Unidos.

Noviembre de 2010

Contenido

1. Resumen ejecutivo 3
2. Propósito del reporte 6
3. Acrónimos y abreviaciones 7
4. La Industria Aeroespacial Mexicana: un sector joven en fuerte expansión 8
5. El sector tiene el potencial de moverse hacia segmentos de mayor valor agregado. 9
6. El desarrollo del sector requiere la disponibilidad de recursos humanos altamente capacitados. 11
   6.1.1. Capacidades requeridas por los trabajadores en toda área de la cadena de valor 12
   6.1.2. Capacidades requeridas en el área de Ingeniería, Investigación y Desarrollo 13
   6.1.3. Capacidades requeridas en el área de Manufactura 14
   6.1.4. Capacidades requeridas en el área de MRO 16
   6.1.5. Otras necesidades del sector: los inspectores de la Dirección General de Aviación Civil 18
7. A pesar del crecimiento del sector y de los programas de capacitación, se evidencian algunas brechas en la oferta de recursos 18
   7.1. Programas de ingeniería (licenciatura y posgrado) 18
   7.1.1. Programas de ingeniería aeronáutica y aeroespacial en el país 20
   7.2. Recursos humanos de nivel técnico 24
   7.3. Otros recursos humanos necesitados por el sector 28
   7.4. Certificaciones y estándares de competencia 29
8. Sugerencias para la mejora de la oferta de capacitación para el sector aeroespacial 29
9. Fuentes 33
   9.1. Personas entrevistadas 33
   9.2. Bibliografía y referencias 33
10. Anexos 36
   10.1. Metodología del estudio 36
   10.2. Comparación entre planes de estudio de licenciaturas en Ingeniería Aeroespacial (nacionales e internacionales) 36
   10.2.1. Consideraciones generales 36
   10.2.2. Planes de estudio 37
   10.3. Programas CONALEP 44
   10.4. Unión Europea: reglamentación de la capacitación necesaria para efectuar operaciones de MRO 45
   10.5. Sistema de certificación de competencias técnicas del sector aeroespacial Canadiense 46
   10.6. Lista de ocupaciones en el sector aeroespacial (Estados Unidos) 48

1. Resumen ejecutivo

Este reporte explora las necesidades de capital humano del sector aeroespacial mexicano, con el objetivo de evidenciar posibles cuellos de botella que podrían constituir una barrera para el desarrollo del sector; así como el de facilitar el diseño de posibles intervenciones para corregirlos. El análisis se centra en explorar los perfiles y las capacidades necesarias para el desarrollo de actividades técnicas, como diseño, manufactura y reparación; no se consideran perfiles de tipo administrativo o corporativo.

El estudio fue comisionado por la Secretaría de Economía y contó con el apoyo económico y técnico de USAID.

Para la redacción del reporte, se entrevistó a ejecutivos, académicos y funcionarios expertos en el sector. Además, se recolectaron y revisaron publicaciones nacionales e internacionales relevantes, así como artículos de prensa.

El estudio evidenció las siguientes problemáticas en la oferta de recursos humanos para el sector:

1. **A pesar de que tienen un buen nivel de competencias técnicas, los ingenieros mexicanos se perciben como carentes de capacidades gerenciales.**
   Los entrevistados criticaron, en particular, la falta de capacidades "suaves" (ej. interpersonales y de trabajo en equipo), de análisis y resolución de problemas, y de entender y tomar en cuenta el impacto económico de sus decisiones y actividades. Además, los egresados de programas de ingeniería se perciben con escasos conocimientos del idioma inglés tanto general cómo técnico (se mencionaron a los egresados de ITESM y CETYS como excepciones de éste último punto)[1].
2. **Se percibe una necesidad apremiante de renovar el equipamiento de los laboratorios de ingeniería (aeroespacial y otras especializaciones) en las universidades, para adecuarlos a las exigencias actuales de la industria.**
   En particular, los entrevistados mencionaron la necesidad de dotar a las universidades de software más actualizado, y en vía primaria de sustituir el uso del programa AutoCAD con entrenamiento en CATIA. Algunos ejecutivos del sector mostraron disposición a considerar la posibilidad de facilitar el cambio apoyando en la compra de licencias.
3. **Existen dudas sobre la calidad de los nuevos programas de ingeniería aeroespacial.**
   Los entrevistados señalaron la alta importancia del entrenamiento práctico de los ingenieros, y manifestaron dudas sobre si todos los nuevos programas cuentan con recursos suficientes para la creación y el mantenimiento de laboratorios e

[1] Este comentario se refiere principalmente a las escuelas de las cuales reclutan las personas que fueron entrevistadas para el estudio. Es posible que en el país existan otras escuelas además de las mencionadas que logran que sus egresados tengan un buen dominio del idioma inglés.

instalaciones adecuadamente equipadas. En la misma dirección, se señaló la oportunidad de desarrollar convenios con el sector productivo para facilitar a los estudiantes el cumplimiento de prácticas profesionales a lo largo de sus estudios. Además, se mencionó la dificultad para encontrar profesores bien preparados, debido a que el sector es relativamente joven en México.

4. **Hay pocos programas de posgrado en el país, lo cual conlleva dificultades para entrenar personal en materias altamente especializadas.**
   La oferta educativa de posgrados en materias especificas para el sector o altamente relevante para ello es muy escasa. Entre otros, sería deseable desarrollar programas sobre temas como materiales, sistemas eléctricos de potencia, análisis estructural, diseño, mecánica y calculo de fluidos, y MRO.

5. **El entrenamiento de técnicos podría resultar insuficiente, particularmente en el norte del país.**[2]
   Los únicos programas especializados existentes en el norte del país (de reciente incorporación) son los del CENALTEC y del ITSON. Aunque las empresas contactadas localizadas en estas regiones no parecen exigir por el momento altos niveles de capacitación previa a la contratación, la falta de recursos capacitados podría constituir una barrera a la transición hacía segmentos de mayor valor agregado. Aún así, los entrevistados señalan la falta de técnicos capacitados en Control Numérico por Computadora.
   Por lo que concierne la región de Querétaro, las empresas se declararon satisfechas con la oferta de la UNAQ, aunque auspiciaron que esta pueda crecer y seguir adecuándose al desarrollo del sector.[3]

6. **No existe un sistema de estándares ocupacionales y de competencias para el sector, lo cual dificulta el desarrollo de programas (especialmente vocacionales) relevantes para la industria.**
   Un alto número de los programas que existen actualmente estén basados en las exigencias específicas de cada empresa. La identificación y catalogación de las principales ocupaciones y competencias relevantes para la industria facilitaría un mejor entendimiento por parte de las instituciones educativas de las necesidades del sector, y por lo tanto el desarrollo de programas de capacitación relevantes. Además, algunos entrevistados señalan que la certificación de competencias, en particular las más requeridas (ej. manejo de CNC y de CATIA), podría constituir una señal atractiva para las empresas.

[2] Vale la pena considerar que se entrevistaron exclusivamente empresarios de Baja California y Querétaro. Por lo tanto, es posible que este punto no refleje adecuadamente exigencias que se tengan en otras áreas del país.

[3] Vale la pena mencionar que recientemente se estableció un proyecto educativo conjunto entre los gobiernos mexicano y francés que tiene como objetivo el desarrollo de un Campus Aeronáutico en colaboración con la UNAQ. Este campus permitirá el entrenamiento de 600-700 técnicos de nivel universitario (equivalentes a alrededor de 200 egresados por año).

7. **Algunos entrevistados auspiciaron un mayor impulso a las actividades de la DGAC, en particular en vista de la necesidad de inspectores calificados para la actuación del acuerdo BASA.**
   La implementación del acuerdo BASA implica la necesidad de entrenar a la brevedad inspectores cualificados para verificar el cumplimiento de estándares de calidad en el diseño y la manufactura de componentes. El entrenamiento de los primeros inspectores está en proceso, y no se evidenció una clara percepción de problemas al respecto; no obstante, la DGAC parece tener poca credibilidad en la industria, algunos exponentes de la cual manifestaron preocupación y auspiciaron intervenciones para fortalecer la institución.

Estas conclusiones se ofrecen a las autoridades así como a los coordinadores de programas educativos como un punto de partida para estimular reflexiones sobre cómo diseñar acciones y programas educativos que sean eficaces para apoyar el desarrollo de la industria.

Vale la pena también mencionar la existencia en el país de otros esfuerzos importantes de investigación y desarrollo de estrategias para el sector aeroespacial, algunos de ellos con enfoque en capital humano y capacitación.

En particular, Proméxico está actualmente liderando una encuesta con el fin de recolectar datos puntuales sobre el número de trabajadores activos en cada empresa del sector, catalogados por nivel de estudio, así como sobre las contrataciones anticipadas en los próximos tres años; similarmente, la FEMIA está solicitando información sobre futuras necesidades de capital humano por parte de sus asociados. Se sugiere que las entidades que lideran estos esfuerzos (en particular: la Secretaría de Economía, Proméxico, FEMIA y COMEA) desarrollen un buen nivel de coordinación y colaboración entre ellas y con las instituciones que pueden actuar a partir de sus conclusiones y resultados, a fin de maximizar el éxito y evitar duplicaciones de costos.

2. Propósito del reporte[4]

El propósito de este reporte es explorar algunas de las principales necesidades de capital humano del sector aeroespacial mexicano, y evidenciar posibles cuellos de botella en términos de capacidades y recursos humanos que podrían constituir una barrera para el desarrollo del sector en México.

Lo anterior se realiza mediante una comparación entre los perfiles de recursos humanos y las capacidades que especialistas del sector perciben como necesarios para permitir el desarrollo de la industria aeroespacial y la oferta de los mismos en el país. Los especialistas entrevistados para el estudio incluyen ejecutivos, académicos y funcionarios expertos en el sector. La información obtenida se complementa con datos recabados de literatura nacional e internacional relevante, artículos de prensa y otras fuentes públicas.

Por razones de tiempo y recursos, el análisis se centra en explorar los perfiles y las capacidades necesarias para el desarrollo de actividades técnicas, como diseño, manufactura y reparación. Los perfiles y capacidades necesarias para otras funciones demandadas por el sector, como las administrativas o corporativas, no están consideradas dentro del alcance del estudio.

[4]Este estudio se hizo posible gracias a la contribución de un gran número de personas. Las autoras quieren agradecer principalmente a Jesús Serrano, Sergio Solís y Francisco Castillo de la Secretaría de Economía de México, y Alain De Remes y Ramiro Nava de USAID por su visión y apoyo en todas las etapas del proyecto. Estamos en deuda con Manuel Sandoval y José Mariano Moreno de Proméxico, así como con Salvador Echeverría y Gabriel Lugo del CENAM que nos apoyaron en toda fase del estudio proporcionando información y contactos con ejecutivos y expertos de la industria así como con retroalimentación sobre el texto final. Salvador Ávila nos apoyó con sus ideas y conocimientos al inicio del estudio. Agradecemos también a todos los especialistas del sector que entrevistamos por contribuir con su conocimiento y experiencia a este estudio. Varios miembros del equipo de Fundación IDEA proporcionaron apoyo a lo largo del proyecto. Todo error es únicamente responsabilidad de las autoras.

3. Acrónimos y abreviaciones

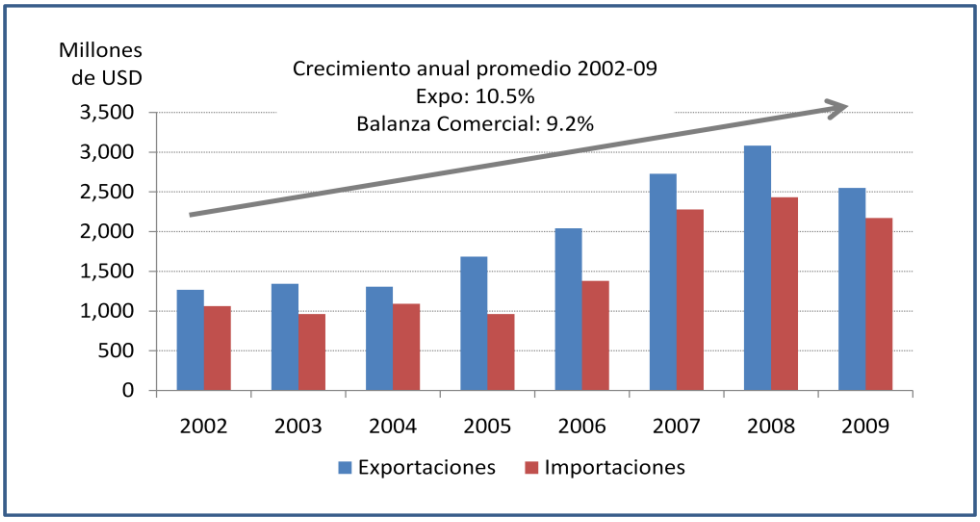
BASA	*Bilateral Aviation Safety Agreement* (Acuerdo Bilateral de Seguridad en la Aviación) Permite el reconocimiento de la validez de certificaciones otorgadas en México a piezas y componentes diseñados y producidos en el país y exportados a Estados Unidos.
CACEI	Consejo de Acreditación de la Enseñanza en Ingeniería
CAMC	*Canadian Aviation Maintenance Council* (Consejo Canadiense de Mantenimiento de la Aviación)
CECATI	Centro de Capacitación para el Trabajo Industrial
CECyTE	Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos
CENALTEC	Centro de Entrenamiento en Alta Tecnología
CETYS	Centro de Enseñanza Técnica y Superior
CNC	Control Numérico por Computadora Se refiere a todo dispositivo capaz de dirigir el posicionamiento de un órgano mecánico móvil mediante órdenes elaboradas de forma totalmente automática a partir de informaciones numéricas en tiempo real. (Wikipedia, 2010) En la industria aeroespacial, estas máquinas son típicamente utilizadas para realizar operaciones de torneado y fresado.
COMEA	Consejo Mexicano de Educación Aeroespacial
CATIA	*Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application* Software que proporciona apoyo en la concepción del diseño, producción y análisis de productos. (Wikipedia, 2010)
DG&T	Dimensionamiento y Tolerancias Geométricas
DGAC	Dirección General de Aeronáutica Civil
EASA	*European Aviation Safety Administration* (Agencia Europea de Seguridad Aérea)
FAA	*Federal Aviation Administration* (Agencia Federal de Aviación – EEUU)
FEMIA	Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial
I&D	Investigación y Desarrollo
IPN	Instituto Politécnico Nacional
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica (Brasil)
ITESM	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
ITESCA	Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (Sonora)
ITSON	Instituto Tecnológico de Sonora
MIT	Massachussetts Institute of Tecnology (EEUU)
MRB	Material Review Board
MRO	*Maintenance, Repair and Overhaul* (Mantenimiento, reparación y revisión)
UABC	Universidad Autónoma de Baja California
UACH	Universidad Autónoma de Chihuahua
UACJ	Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
UNAQ	Universidad Nacional Aeronáutica en Querétaro
UPCH	Universidad Politécnica de Chihuahua
UPMH	Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo
UTEQ	Universidad Tecnológica de Querétaro

4. La Industria Aeroespacial Mexicana: un sector joven en fuerte expansión

La industria aeroespacial se ocupa del diseño, fabricación, comercialización y mantenimiento de aeronaves (aviones, helicópteros, vehículos aéreos no tripulados, misiles, etc.), naves espaciales y cohetes, así como de equipos específicos asociados (propulsión, sistemas de navegación, etc.).[5] Las empresas con presencia en este sector en México operan principalmente en el subsector aeronáutico, ya que el subsector astronáutico está todavía en fase de apertura.[6]

El sector experimenta actualmente un crecimiento dinámico. El tamaño del sector en términos de exportaciones[7] se ha más que duplicado entre 2003 y 2008, principalmente impulsado por inversiones extranjeras. Según datos de la consultora Deloitte, México ocupa el primer lugar en el mundo en captación de inversiones para la manufactura en el sector aeroespacial, con 33 mil millones de dólares en el periodo 1990-2009.[8]

Ilustración 1: Exportaciones e Importaciones del Industria Aeroespacial



FUENTE: Secretaría de Economía de México

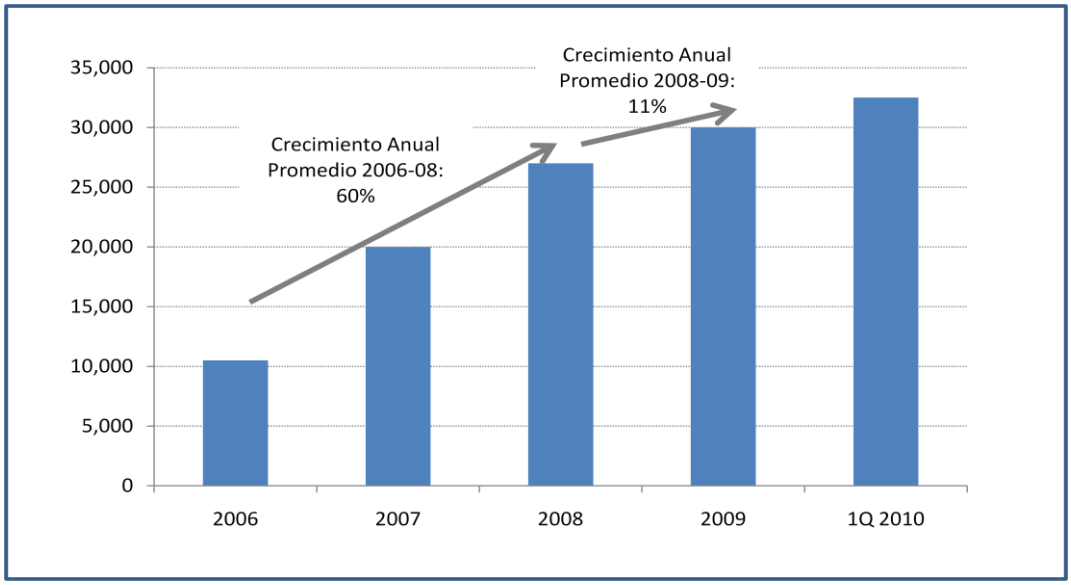
El monto de la inversión extranjera, aunado a eventos recientes la firma del Acuerdo Bilateral de Seguridad Aérea (BASA) con Estados Unidos en 2007[9] y al otorgamiento de 2 mil 500 millones de pesos en créditos al sector por parte del Banco Nacional de

[5] "Wikipedia 2010. "AerospaceEngineering". http://en.wikipedia.org/wiki/Aerospace_engineering
[6] COMEA, 2008. "Presentación para la Reunión Ordinaria de la FEMIA" 3 de diciembre de 2008.
[7] Debido a las limitadas relaciones de proveeduría entre empresas locales, se estima que las exportaciones sean una buena aproximación de las ventas.
[8] Rivero, A. 2010 "Capta País mayor inversión aeroespacial" Periódico Reforma.com, 26 julio de 2010. http://www.reforma.com/negocios/articulo/567/1132997/default.asp?Param=4&PlazaConsulta=reforma&EsCobertura=false&DirCobertura=&TipoCob=0
[9] EFE2007. "Firman México y EU acuerdo para mejorar seguridad aérea" El Universal 18 de septiembre de 2007. http://www.eluniversal.com.mx/notas/449933.html

Comercio Exterior[10] denotan altas expectativas de crecimiento del sector en el mediano plazo.

Por el lado del empleo, el sector es relativamente pequeño. Actualmente da trabajo a alrededor de 30,000 personas, pero ha aumentado a una tasa de crecimiento elevada en los últimos años. Con base en las expectativas de algunos de los ejecutivos del sector entrevistados para el estudio, este número podría duplicarse o hasta triplicarse en los próximos cinco años.[11]

Ilustración 2: Empleos en el sector aeroespacial Mexicano, n. de individuos



FUENTE: Secretaría de Economía de México

5. El sector tiene el potencial de moverse hacia segmentos de mayor valor agregado.

Como es el caso en muchos sectores manufactureros, el sector aeroespacial mexicano tiene un fuerte enfoque hacia la manufactura y el ensamblaje de componentes básicos para la exportación.

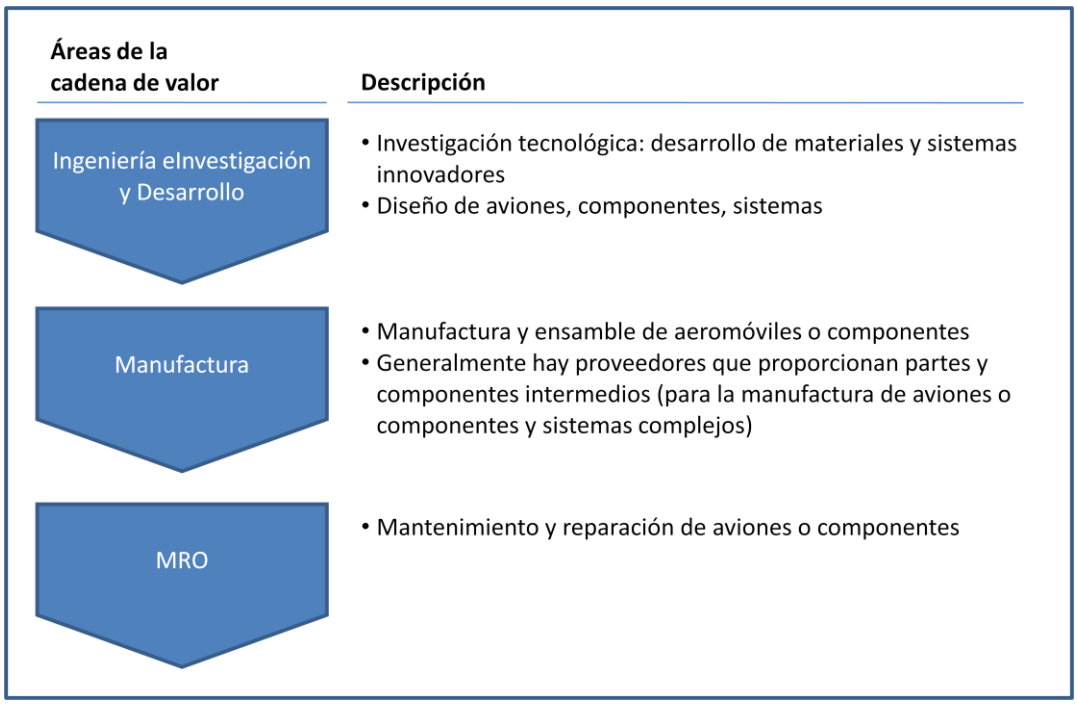
Actualmente, el 80% de las empresas del sector se dedican exclusivamente o principalmente a la manufactura – en su mayoría de componentes básicos. Solamente el 10% de las empresas se dedica a actividades de investigación y desarrollo (I&D);

[10] Rivero, A. Op. cit.

[11] Vale la pena mencionar que actualmente Proméxico está efectuando una encuesta a todas las empresas del sector, que se propone averiguar el número de trabajadores activos en la industria así como la cantidad de nuevas contrataciones esperadas en los próximos años. Una vez terminado el estudio, los resultados permitirán una mejor estimación del número de recursos humanos necesitados por el sector en los próximos años.

mientras que el restante 10% se dedica a actividades de mantenimiento y reparación de aviones o componentes (MRO).[12]

Ilustración 3: Cadena de valor del sector aeroespacial



FUENTE: Entrevistas con exponentes y expertos del sector

Un mayor crecimiento del área de I&D podría facilitar el desarrollo de capacidades específicas y el re-enfoque del sector hacía segmentos de mayor valor agregado en todas las áreas.

Aunque las empresas activas en el sector, en su mayoría extranjeras, tienden a mantener estas actividades en el país de origen; no obstante, también se está observando en algunas empresas que el desarrollo de mayores capacidades unido al menor costo de los ingenieros mexicanos está logrando gradualmente atraer proyectos de investigación y desarrollo de mayor complejidad.

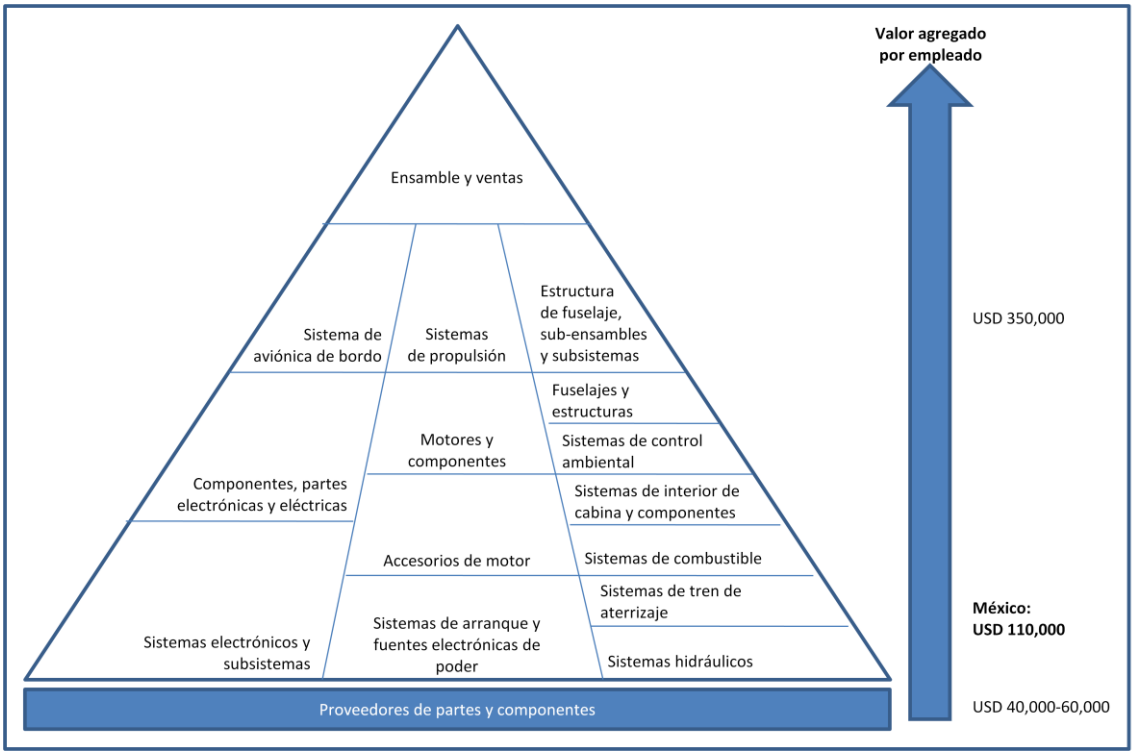
Sin embargo, para que esta tendencia siga y se fortalezca con el tiempo, es importante que exista en el país personal con un alto nivel de educación, que tenga las habilidades para aprender a enfrentarse a este tipo de proyectos. A este propósito, vale la pena mencionar que la literatura evidencia una fuerte correlación entre el nivel de educación de los trabajadores de un país y la capacidad del mismo de atraer trasferencias de tecnología desde el exterior y aprovecharlas para lograr crecimiento económico.[13]

[12] Solis, S., 2010. "Industria Aeroespacial en México", Secretaría de Economía.

[13] La educación no tiene que ser estrictamente relacionada a conocimientos avanzados en el sector. En la experiencia de otros países (ej. Costa Rica, Finlandia) las intervenciones que permitieron incrementar la transferencia de tecnología fueron primariamente relacionadas con mejoras en la enseñanza de competencias básicas y transversales (ej. capacidad de aprendizaje y de resolución de problemas), así

El área de MRO también tiene un alto potencial de desarrollo debido a los bajos costo de la mano de obra en México con respecto al resto de Norteamérica, y a la importancia de las flotas aéreas mexicana y estadounidense. La flota aérea mexicana es la quinta más importante del mundo por número de aviones y las flotas de jets ejecutivos estadounidense y mexicana son respectivamente la primera y la segunda en el mundo.[14] México tendría claras ventajas si quisiera posicionarse como el principal centro de mantenimiento y reparación de la región. Para ello, necesitaría también contar con personal capacitado para realizar estas labores.

Ilustración 4: Cadena de suministro en el sector aeroespacial



FUENTE: Documento "Plan de Vuelo Nacional 2009"

6. El desarrollo del sector requiere la disponibilidad de recursos humanos altamente capacitados.

El sector se caracteriza por bajos volúmenes de producción, altos requerimientos y poco margen de error en cada fase de los procesos de diseño, manufactura y reparación. Por esta razón, además de la alta tasa de innovación tecnológica, las industrias del sector son caracterizadas por altos requerimientos de capacitación inicial[15] y continua de los trabajadores (técnicos y profesionales). Esto implica una alta

como del uso de tecnología y del idioma inglés. Fuente: "Lifelong learning in the Global Knowledge Economy, The World Bank, 2010.

[14] Grupo de Trabajo de la Industria Aeroespacial mexicana, 2010 "Plan de Vuelo Nacional: Mapa de Ruta Tecnológica de la Industria Aeroespacial Mexicana 2009", versión preliminar.

[15] La mayoría de las posiciones en los sectores industriales requieren el aprendizaje de actividades rutinarias, que son específicas en cada empresa y rol y tienden a permanecer constantes a lo largo del

inversión en capacitación por parte de las empresas, y por lo tanto una alta relevancia de la capacidad de identificar y retener buenos candidatos.

6.1.1. Capacidades requeridas por los trabajadores en toda área de la cadena de valor

Los estrechos márgenes de error permitidos en el sector implican la necesidad de recursos humanos altamente capacitados y con buena **atención al detalle**, **disciplina** y **responsabilidad**, así como **habilidades de trabajo en equipo**. En particular, los puestos de supervisión requieren de ingenieros con capacidades de liderazgo y habilidades interpersonales (comunicación, manejo de personas y resolución de problemas).

Las necesidades de entrenamiento en el trabajo, ya sea capacitación inicial o continua, debido al mejoramiento continuo tecnologías, materiales y procesos, hacen que la **capacidad de rápido aprendizaje** sea también una característica esencial que se busca en los trabajadores de éste sector.

El sector aeroespacial requiere de profesionistas con alto nivel de **inglés**, y con la capacidad de leer y escribir documentos técnicos en ese idioma. Además, los ingenieros y supervisores utilizan el inglés para comunicarse diariamente con los clientes y/o colegas extranjeros – lo cual hace que esta habilidad sea un prerrequisito para la contratación de ingenieros. Los entrevistados mencionaron que para el nivel de técnico, se requiere un nivel más básico de inglés, suficiente para entender instrucciones escritas, el cual se puede alcanzar a través de capacitación en el trabajo.

También, se requiere (aunque puede ser aprendido de manera relativamente rápida a través de capacitación en el trabajo) el conocimiento de la **metodología Seis Sigma**.[16]

Las características del trabajo de producción, mantenimiento y reparación de aviones pueden empeorar condiciones médicas existentes; por eso, se requiere que el personal tenga una buena condición física y de salud. Así mismo, los trabajadores deben tener muy buenas capacidades sensoriales (visión, oído, tacto) ya que el trabajo tiene altos requerimientos de precisión y de capacidad de detección de errores y defectos aunque mínimos en estructuras, sistemas y componentes.

---

tiempo. La mayoría del aprendizaje en el trabajo, por lo tanto, tiende a haberse cuando los trabajadores empiezan a desempeñarse en un nuevo cargo ("Lifelong Learning in the Global Knowledge Economy", The World Bank, 2003). El aprendizaje inicial es especialmente crítico en el sector aeroespacial: debido a los bajos márgenes de error y al alto costo de los mismos, es necesario que los trabajadores logren con rapidez un alto nivel cualitativo en el desempeño de sus tareas.

[16] Seis Sigma (Six Sigma) es una metodología desarrollada en los noventa por Motorola Inc., que consta de fases DMAMC –Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar– para solución de problemas y la reducción de errores o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente. El método utiliza herramientas estadísticas que permiten reducir la variación en los procesos al máximo posible. (Morales, 2007)

6.1.2. Capacidades requeridas en el área de Ingeniería, Investigación y Desarrollo

Además de las capacidades transversales descritas anteriormente, hay algunas capacidades específicas que se requieren para el área de ingeniería, investigación y desarrollo. En esta área, la gran mayoría de los empleados cuentan con carreras de ingeniería.

La siguiente tabla detalla el tipo de actividad en que generalmente se enfocan los ingenieros de cada especialidad.

Ilustración 5: Principales actividades típicas de los ingenieros en área de I&D, por especialización

Especialidad	Actividad principal
Ingeniería Aeronáutica y Aeroespacial	Desarrollo, diseño y pruebas de vehículos aeroespaciales y componentes complejos
Ingeniería Mecánica	Diseño de componentes mecánicos y desarrollo de instrumentos y maquinarias necesarias para la producción de partes
Ingeniería Eléctrica y Electrónica	Desarrollo de componentes eléctricos
Ingeniería Industrial	Desarrollo de métodos y sistemas de producción; resolución de problemas logísticos de manufactura y transporte

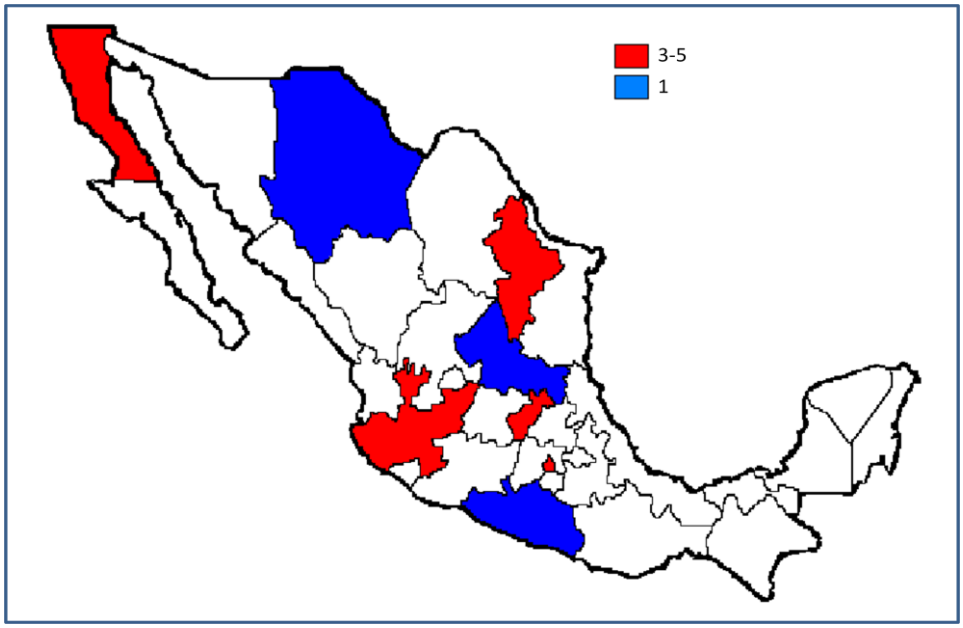
FUENTE: United States Department of Labor, Career Guide to Industries, Edición2010-11

Actualmente, la demanda de ingenieros aeroespaciales es baja debido a que el trabajo de diseño no se realiza en el país. Es probable que en el mediano o largo plazo el sector evolucione en esa dirección, requiriendo profesionales especialistas en actividades más complejas. Por ahora, los entrevistados mencionaron que su reclutamiento se enfoca a ingenieros mecánicos e industriales, además de técnicos de ingeniería y expertos en computación (analistas, científicos, ingenieros, programadores, personal de apoyo, administradores de redes y de bases de datos).

El conocimiento y uso de programas de software para el diseño, y en particular del programa CATIA, es también importante. Los entrevistados revelaron que sería preferible que los ingenieros tengan éstos conocimientos antes de ser contratados, ya que en su opinión toma de 6 a 12 meses lograr un buen dominio del programa.

Las actividades de Ingeniería, Investigación y Desarrollo se concentran principalmente en Baja California, Distrito Federal, Jalisco, Nuevo León y Querétaro, donde se encuentra la mayor demanda de recursos humanos capacitados para el sector.

Ilustración 6: Distribución geográfica de las empresas e instituciones activas en Investigación y Desarrollo, número (2009)



FUENTE: FEMIA, Directorio de la Industria Aeroespacial

6.1.3. Capacidades requeridas en el área de Manufactura

El personal que trabaja en el área de manufactura se constituye en un 20-30% por ingenieros, y en un 70-80% por técnicos y operadores.[17]

En general, los ingenieros ocupan cargos de coordinación y control de procesos, mantenimiento de las maquinarias y control de calidad. Algunos de ellos se encargan de revisar los componentes con fallas y de determinar cómo arreglarlos sin comprometer la integridad estructural de la pieza o de cómo descartarlos adecuadamente.[18]

Los ingenieros que trabajan en esta área requieren un alto nivel de competencias técnicas, en particular:

- La capacidad de "traducir" diseños y especificaciones en procesos de manufactura;
- Conocimiento de los estándares y requerimientos de la industria (entre otros: materiales y componentes, documentación compulsoria de *tracking*);
- Conocimiento profundo de las características de materiales (para tomar decisiones sobre como manipularlos);
- Conocimiento de programas informáticos y de diseño (en particular, CATIA) y de sistemas técnicos utilizados en la manufactura (en particular, CNC), y capacidad de visualizar y manipular piezas tridimensionales en sistemas virtuales.

[17] Estimación obtenida de entrevistas con ejecutivos del sector.
[18] Este proceso es generalmente conocido como MRB (*Material Review Board*).

Los puestos de supervisión requieren habilidades de liderazgo y manejo de personas. Dependiendo de las empresas y del nivel del cargo, las posiciones pueden ser confiadas a ingenieros (hoy en día cubiertas mayormente por ingenieros mecánicos o industriales) o técnicos con varios años de experiencia.

Los ingenieros encargados de revisar las piezas que presentan algún tipo de falla deben contar con conocimientos de cálculo estructural. Gran parte de estas plazas son cubiertas por ingenieros en aeronáutica o aeroespacial ya que éste entrenamiento forma parte de su plan de estudios.

El área de manufactura necesita a técnicos operadores y maquinistas, así como a ensambladores e instaladores de partes en el avión.

Los operadores no necesitan un alto nivel de estudios, aunque si requieren de buenas habilidades de medición, comprensión lectora y saber cómo desarrollar objetos tridimensionales a partir de diseños bidimensionales. Aunque los entrevistados reportaron preferencia para reclutar personal con títulos de media superior, algunos de ellos comentaron que se consideran también egresados de secundaria ya que muchas veces el número de candidatos es reducido y previene una selección adecuada basada en aptitudes. Además de las aptitudes, los entrevistados reportaron como prerrequisito el tener alguna experiencia previa de trabajo en el sector manufacturero.

Inmediatamente antes o después de su ingreso a la industria, el personal contratado recibe capacitación básica sobre el sector y el trabajo que va a desempeñar. Vale la pena decir que en el caso de los recursos técnicos la capacitación específica para el sector se limita, en la mayoría de los casos, a la brindada por las empresas, ya que casi no existen cursos de nivel técnico abiertos al público que cubran las exigencias específicas del sector.

En algunos casos, las empresas han realizado convenios con instituciones educativas para que realicen programas de capacitación de sus propios empleados a la medida de sus necesidades. La experiencia hasta ahora parece indicar que estos cursos ad hoc resultan más exitosos que los estandarizados, por lo menos en el caso de entrenamientos relativamente cortos para técnicos básicos: por ejemplo, un curso diseñado para cubrir las necesidades comunes de las empresas del sector ofrecido en la UNAQ se canceló después del primer año de operación debido a la falta de éxito entre las empresas, a pesar de que la misma institución tiene experiencia en ofrecer cursos diseñados a la medida para cada empresa y altamente valorados por las mismas.[19]Los maquinistas requieren capacidades para programar y operar maquinas CNC. De acuerdo a un entrevistado, capacitar un mecánico en CNC para que pueda

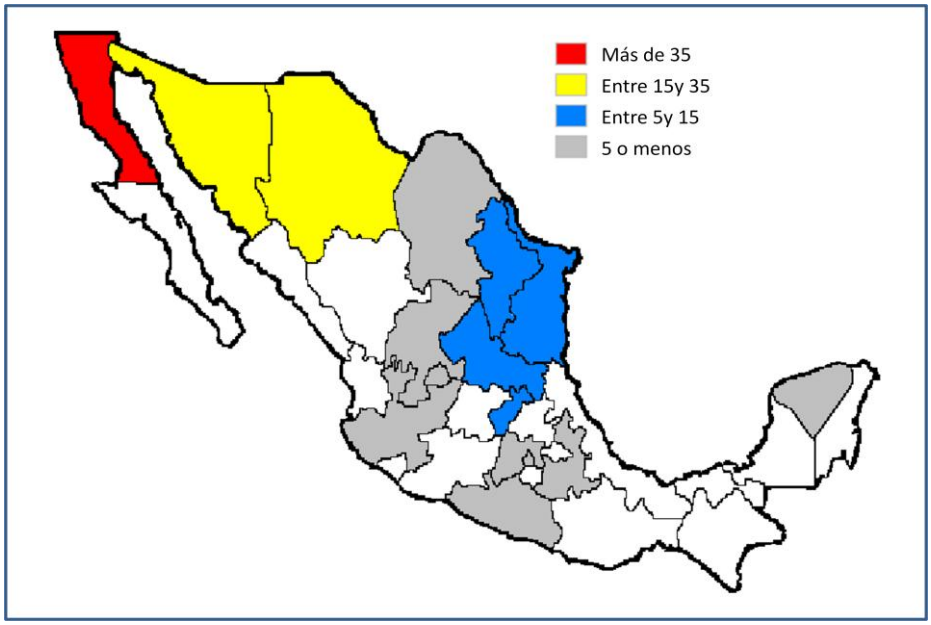
[19] En el párrafo 7.2 se ofrecen más detalles sobre los programas técnicos de la UNAQ así como ulteriores consideraciones sobre cómo se podrían desarrollar programas de interés común para las empresas del sector, basadas en la experiencia internacional.

asumir el cargo de maquinista toma más de un año, incluyendo entrenamiento teórico y práctico.

En una de las empresas que visitamos, los instaladores de partes en los aviones son seleccionados entre los operadores que destacan por tener un alto nivel de capacidades e interés en estas actividades, y son entrenados en el trabajo. La actividad de instalación de partes en los aviones (y por lo tanto el número de personas requeridas) es aún limitada en México ya que todavía no se fabrican aviones enteros (los componentes son generalmente enviados al exterior).

En la siguiente ilustración se identifican los estados de la República donde hay empresas activas en actividades de manufactura para el sector aeroespacial, y donde por lo tanto se tiene necesidad de recursos humanos capacitados para ella. Vale la pena destacar que las empresas más grandes se concentran en las zonas fronterizas y en el estado de Querétaro.

Ilustración 7: Distribución geográfica de las empresas e instituciones activas en Manufactura, número (2009)



FUENTE: FEMIA, Directorio Aeroespacial

6.1.4. Capacidades requeridas en el área de MRO

El personal del área de MRO se encarga de efectuar mantenimiento preventivo y reparaciones en aviones y componentes.

Esta área necesita de ingenieros (en proporción diferente dependiendo del enfoque específico de las empresas: un taller de mantenimiento de aviones comentó que se trata de menos del 5% del personal de producción, mientras talleres de componentes específicos estimaron porcentajes alrededor del 20-30%) que se ocupan principalmente del diseño y de la revisión de los procedimientos de mantenimiento de los aviones, así como de procesos de logística y organización de las actividades. Debido

a las competencias necesarias, la especialización en aeronáutica tiene una alta demanda; también se requieren ingenieros electrónicos para algunos puestos.

Por ley, la mayoría de las tareas de mantenimiento y reparación de aviones y componentes tienen que ser hechas por o bajo la supervisión de técnicos cuyas competencias estén certificadas por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC). Por esto mismo, en esta área existe una alta demanda de técnicos con este tipo de certificación.[20]

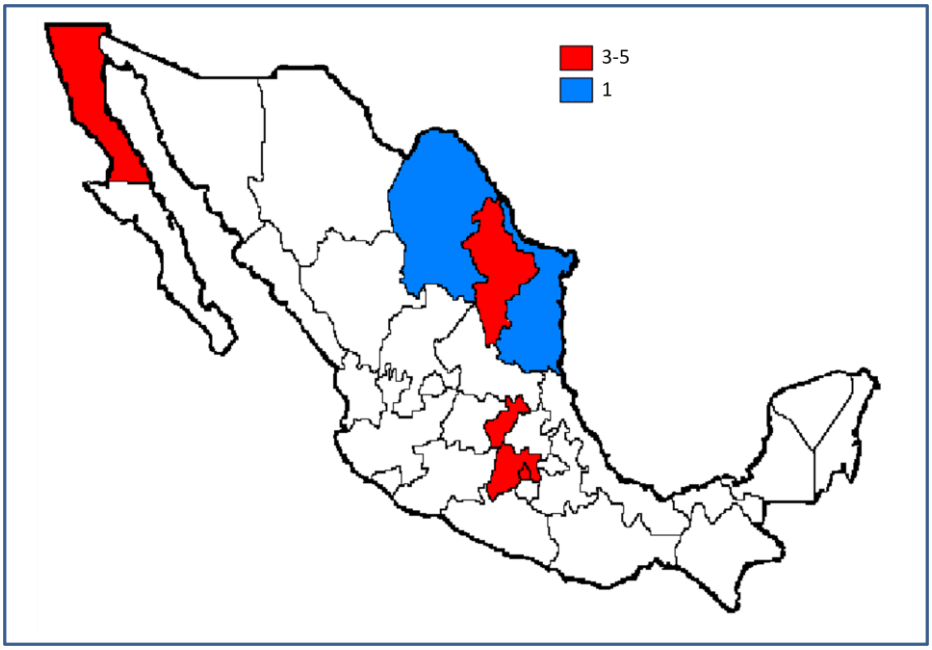
Entre los requisitos para la certificación de la DGAC se encuentran el haber terminado el nivel de educación media superior (preparatoria, bachillerato o vocacional) preferentemente en el área de físico-matemáticas, contar con actitud psicofísica (certificada en los términos dispuestos por el Reglamento del Servicio de Medicina Preventiva en el Transporte), terminar y aprobar el curso de instrucción reconocido por la Autoridad Aeronáutica y los exámenes teórico-prácticos establecidos en la misma. Entre los cursos de instrucción reconocidos por la Autoridad Aeronáutica se encuentran los ofrecidos por el CONALEP (para información a detalle ver anexo 10.3).

Además de los técnicos certificados por la DGAC, el área necesita de mano de obra, que se ocupa de tareas como de pintura y reparación de tejidos de asientos. Dependiendo del enfoque del taller, se pueden necesitar otros técnicos especializados, como técnicos químicos y especialistas en maquinado.

La siguiente ilustración detalla la presencia de empresas activas en el área de MRO en diferentes regiones de México y permite aproximar la distribución geográfica de la demanda de recursos humanos capacitados para trabajar en esta área.

[20] Un entrevistado de una empresa de mantenimiento de aviones los cuantificó como alrededor de 60% del personal de producción de la empresa; mientras un entrevistado de una empresa de mantenimiento de componentes los cuantificó en el 30%.

Ilustración 8: Distribución geográfica de las empresas e instituciones activas en MRO, número (2009)



FUENTE: FEMIA, Directorio Aeroespacial

6.1.5. Otras necesidades del sector: los inspectores de la Dirección General de Aviación Civil

La DGAC es la autoridad encargada de verificar y certificar el cumplimiento de estándares de calidad y seguridad en varias áreas de los sectores de manufactura y transporte aéreo. Entre otros, la DGAC autoriza los talleres de MRO a efectuar tareas de mantenimiento y reparaciones de aviones mexicanos; y otorga las certificaciones necesarias para la implementación del acuerdo BASA. Por lo tanto, la existencia en esa organización de un número suficiente de inspectores adecuadamente capacitados es crítico para el desarrollo futuro del sector.

7. A pesar del crecimiento del sector y de los programas de capacitación, se evidencian algunas brechas en la oferta de recursos.

7.1.Programas de ingeniería (licenciatura y posgrado)

Varios exponentes de la industria declararon tener dificultades en emplear egresados de facultades de ingeniería sin experiencia laboral, independientemente de la especialización. A pesar de reconocer el buen nivel técnico de los egresados de ingenierías, existe una percepción generalizada entre la industria sobre la falta de capacidades interpersonales y de resolución de problemas entre los egresados. En relación a las capacidades interpersonales, las críticas se enfocaron a dificultades que enfrentan los egresados para la presentación de ideas y relacionarse con otros

miembros de equipos de trabajo – particularmente si son de diferentes edades y niveles de educación.
En cuanto a las dificultades para resolución de problemas, un entrevistado de origen extranjero comentó sobre el bajo nivel de exigencia de las escuelas nacionales, comparada al de otros países. En su opinión, el nivel de logro necesario para egresar de la carrera es bajo, y por lo tanto los estudiantes no obtienen suficiente motivación para aplicarse hasta aprender cómo enfrentar desafíos de toda índole.

Estas capacidades (de comunicación, de trabajo en equipo, de aplicar técnicas de análisis y resolución de problemas) no solo son valoradas por las empresas del sector, sino aparentemente por todos los empleadores de ingenieros. Por lo tanto, sería quizá interesante replantear los requerimientos de los planes de estudio de ingeniería, y evaluar la posibilidad de insertar cursos que puedan facilitar la adquisición de dichas capacidades. Cabe señalar que algunas universidades ya están realizando esfuerzos al respecto. Por ejemplo, el Instituto Politécnico Nacional (IPN) ha complementado sus programas de estudios con algunas materias humanísticas, con la intención de estimular a los estudiantes para que desarrollen su autoestima y confianza, así como sus habilidades para comunicarse eficazmente. Valdría la pena evaluar estas intervenciones y, dependiendo de los resultados, corregirlas o replicarlas en otras escuelas.

Los entrevistados comentaron también sobre la necesidad de un buen nivel del inglés. Sólo algunas universidades del país parecen tener egresados con un buen nivel de conocimiento de este idioma (se mencionaron CETYS y el ITESM)[21]. Los entrevistados mencionaron también que les gustaría encontrar más candidatos con buenas capacidades para entender y redactar documentos técnicos en ese idioma, pero que existen pocos egresados con dichas habilidades.

Otra crítica realizada por los entrevistados fue la falta de consciencia o interés del impacto económico que conllevan las actividades realizadas en el trabajo. Varios entrevistados comentaron sobre la dificultad de inculcar la importancia de las consideraciones de costo en la toma de decisiones.

Entre las habilidades técnicas, la gran mayoría de los entrevistados criticaron las universidades por ofrecer entrenamiento en software obsoleto (ej. AutoCAD), y sugirieron sustituirlos con programas más novedosos – en particular, CATIA (utilizado también en la industria automotriz).
En algunos casos, las empresas del sector aeroespacial han brindado apoyo financiero a universidades locales para adquirir infraestructura de laboratorios y, en particular, licencias de software de última generación (ej. Gulfstream financió la adquisición de

[21] Vale la pena notar que los comentarios de los entrevistados se refieren en vía primaria a las instituciones de donde ellos reclutan. Es posible que en el país existan otras escuelas además de las mencionadas que logran que sus egresados tengan un buen dominio del idioma inglés.

licencias de CATIA en la UABC)[22]. Durante la investigación, algunos ejecutivos entrevistados manifestaron su disposición para considerar la oportunidad de apoyar a las universidades en la compra de licencias para software.

Por último, los entrevistados comentaron la dificultad de identificar a los mejores candidatos en el mercado laboral, debido a la variación en la calidad de los egresados.

7.1.1. Programas de ingeniería aeronáutica y aeroespacial en el país

Hasta el año escolar 2006-07, el IPN fue la única institución del país en ofrecer programas en Ingeniería Aeronáutica.[23] Dicha institución contó, en 2009, con 250 egresados del programa en Licenciatura en Ingeniería Aeronáutica y 12 del programa de maestría en Ingeniería Aeronáutica en Mantenimiento y Producción.

Sin embargo, la baja presencia de ingenieros aeronáuticos en el mercado no parece haber sido percibida como un obstáculo relevante para el desarrollo del sector hasta la fecha. La especialidad en aeronáutica parece ser percibida como muy relevante para el diseño de aviones enteros o partes complejas, actividades que todavía no se realizan en México; y para las posiciones de MRB[24] (revisión de componentes con defectos de manufactura para determinar si y cómo es posible repararlos o si tienen que ser descartados), las cuales son muy limitadas en número.

Cuadro 1 – El Consejo Mexicano de Educación Aeroespacial (COMEA)

Creado en Octubre de 2007, el COMEA es una asociación que reúne varias instituciones educativas de nivel medio superior, técnico universitario, universitario y postgrado.
Su objetivo es fortalecer el capital humano según las necesidades del sector aeroespacial, a través del desarrollo de programas académicos, científicos y tecnológicos. Actúa como principal interlocutor para asegurar una mejor vinculación de la capacitación con las exigencias presentes y anticipadas del sector.
Se espera que en el futuro vaya a servir también como canal para proporcionar retroalimentación a las instituciones educativas con respecto al nivel de preparación de los egresados con respecto a las necesidades del sector y como órgano impulsador de ajustamientos a nivel curricular.

FUENTE: entrevistas

[22] En una entrevista, se mencionó que empresas de otros sectores (ej. automotriz) pueden participar en este tipo de iniciativas: por ejemplo, el IPN obtuvo licencias para paquetes de software (incluyendo CATIA) a un precio altamente reducido a través de un convenio con General Motors.
[23] ANUIES.
[24] Material Review Board.

A la fecha, la mayoría de las empresas contratan principalmente ingenieros mecánicos e industriales, y en menor número electrónicos y mecatrónicos. Aunque es posible que la demanda de ingenieros aeronáuticos aumente en un futuro debido al desarrollo de las actividades de I&D y de manufactura más compleja, no es muy probable que éstos lleguen a ser la mayoría. De hecho, algunos entrevistados señalaron que aún en sus casas matrices (en el extranjero) los ingenieros aeronáuticos constituyen una minoría con respecto al total de los ingenieros empleados.

A pesar de esto, algunos entrevistados lamentaron la falta en México de programas que proporcionen entrenamiento avanzado en materiales (en particular, materiales compuestos) y sistemas electrónicos de última generación. También varios lamentaron el excesivo enfoque de los programas de ingeniería aeroespacial del IPN hacia las áreas de diseño y mantenimiento, mientras el área actualmente más desarrollada en México es la manufactura.

Esto, junto con la esperanza y aspiración de un futuro mayor desarrollo de las actividades de I&D, sugiere la necesidad de adecuar la oferta de ingenieros capacitados en temas aeronáuticos, no sólo aumentando su número, si no también diversificando el enfoque de los programas hacia las materias y las áreas de la cadena de valor que presentan el mayor nivel de demanda de estos recursos.

Posiblemente en respuesta a estas exigencias, a partir del año escolar 2007-08 se inauguraron otros programas de licenciatura y posgrado en Ingeniería Aeronáutica y Aeroespacial, algunos de los cuales se encuentran más enfocados hacia la manufactura. Los programas son ofrecidos por la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), el Centro de Enseñanza Técnica y Superior (CETYS) en Chihuahua, la Universidad Nacional Aeronáutica en Querétaro (UNAQ), la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo (UPMH), la Universidad Politécnica de Chihuahua (UPCH), la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), y la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), también en Chihuahua. Se estima que el número de egresados de facultades de ingeniería aeroespacial suba gradualmente en los próximos años hasta llegar aproximadamente a 400 licenciados y 40 egresados de programas de posgrado en 2014.[25] Además, el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (ITESCA) de Sonora empezó a ofrecer una opción de enfoque en Aeronáutica dentro de su programa de Ingeniería Mecánica. De este programa se estima que egresarán un promedio de 20 alumnos por año a partir de 2011.

[25] Programa de Formación, Actualización y Capacitación COMEA-FEMIA.

Ilustración 9: Programas de licenciatura en ingeniería aeroespacial en el país y número de egresados (actuales y futuros)

Institución	Estado	Programa	Egresados 2009	Egresados a futuro (estimados, por año)
IPN, Esime Ticomán	DF	Ing. en Aeronáutica Opciones: 1) Operación del transporte aéreo 2) Diseño y construcción	250	200
UACH	Chihuahua	Ing. Aeroespacial	-	20 a partir de 2011
CETYS	Baja California	Ing. Aeroespacial	-	15 a partir de 2011
ITESCA		Ing. Mecánica, opción Aeronáutica	-	20 a partir de 2011
UANL	Nuevo León	Ing. en Aeronáutica orientada a Diseño y Manufactura Opciones: 1) Estructura y materiales 2) Aerodinámica y sistemas de propulsión 3) Aviónica	-	40 a partir de 2012
UACJ	Chihuahua	Ing. Aeroespacial	-	20 a partir de 2012
UNAQ	Querétaro	Ing. Aeronáutica en Manufactura	-	20 a partir de 2012
UPMH		Ing. Aeronáutica, opción Transporte aéreo	-	20 a partir de 2013
UPCH	Chihuahua	Ing. Aeroespacial	-	20 a partir de 2013
UABC	Baja California	Ing. Aeroespacial	-	50 a partir de 2013

FUENTE: COMEA

El número de programas de licenciatura en ingeniería aeronáutica que se abrieron en los últimos años presenta algunas interrogantes sobre si el esfuerzo de expandir la oferta educativa no ha sido excesivo con respecto a la cantidad (vale la pena notar que la mayoría de las empresas no señalaron necesitar un alto número de ingenieros aeronáuticos) en detrimento de la calidad: las inversiones en laboratorios y equipamiento necesarias para garantizar un buen nivel de capacitación son sustanciales, y la percepción es que no haya un claro compromiso financiero para construir y mantener instalaciones adecuadas y con equipo actualizado en todos los programas, incluso el más consolidado del IPN. También vale la pena mencionar que la falta de experiencias prácticas en los planes de estudio de las universidades mexicanas es evidente en comparación con los de universidades extranjeras de buen nivel.[26]
Un entrevistado mencionó que algunas instituciones piensan remediar a la insuficiencia de infraestructura desarrollando convenios de intercambio estudiantil con universidades nacionales y extranjeras (en particular, con el Instituto Politécnico Nacional y con la Universidad Estatal de Nuevo México en Estados Unidos), donde los estudiantes puedan recibir un entrenamiento práctico adecuado. No obstante, actualmente no hay suficientes becas para asegurar que un alto número de estudiantes puedan aprovechar estas oportunidades. Además, vale la pena considerar que el establecimiento de convenios de intercambio con Estados Unidos, junto con la

[26] Véase también el anexo 10.2.

actual escasez de ingenieros aeronáuticos en aquel país, podría favorecer una migración de los mejores egresados hacía otros países.[27]

Otra dificultad que se está encontrando en el establecimiento de los programas descritos arriba es la falta de personal académico preparado. Como remedio, algunas universidades están intentando atraer profesores desde el exterior. Por otra parte, se están creando programas de entrenamiento para el profesorado, principalmente orientados a egresados de la facultad de ingeniería aeronáutica del IPN, que contemplan una maestría (nacional) así como un periodo de práctica en la industria; no obstante, quedan dudas sobre la preparación que tendrían estos profesores, así como las probabilidades de que los egresados de estos programas elijan ingresar a la industria en vez de enseñar.

Vale la pena también notar que el único programa de Ingeniería Aeronáutica actualmente acreditado con el CACEI (Consejo de Acreditación de la Enseñanza de Ingeniería) es el del IPN. Esta acreditación permite el reconocimiento de la calidad del programa y del título de los egresados en todo el Norte de América – y por lo tanto podría tener el efecto de impulsar una mayor confianza en las capacidades de los ingenieros aeronáuticos mexicanos entre empresas extranjeras que consideren invertir en México. La información a nuestra disposición no permite generar conclusiones sobre si la falta de acreditación de los nuevos programas se debe a su reciente creación y a los tiempos del proceso (o quizás debido a la existencia de cuellos de botella en el mismo) o al incumplimiento de los requisitos mínimos necesarios.

A pesar de la introducción de los programas descritos arriba y además de señalar sus dudas sobre los mismos, varios ejecutivos de la industria indicaron que los programas de posgrado orientados al sector existentes en el país (detallados en el siguiente cuadro) son aún insuficientes con respecto a las necesidades – en particular, hacen falta maestrías que puedan proporcionar a los ingenieros con varios años de experiencia conocimientos especializados en temas como sistemas eléctricos de potencia, análisis estructural, diseño, mecánica y cálculo de fluidos, MRO.

[27] Por otro lado, esto también podría impulsar una mayor confianza en las habilidades de los ingenieros aeronáuticos mexicanos, y por lo tanto la transferencia de actividades a mayor valor agregado hacia México.

Ilustración 10: Programas de posgrado en ingeniería aeroespacial en el país y número de egresados (actuales y futuros)

Institución	Estado	Programa	Egresados 2009	Egresados a futuro (estimados, por año)
IPN, Esime Ticomán	DF	Posgrado en Mantenimiento y Producción	12	10
UANL	Nuevo León	Posgrado en Ing. de los Materiales – Aeroespacial	15	15
UANL	Nuevo León	Posgrado en Ing. de Control-Sistemas aeronáuticos	20	15
CETYS	Baja California	Posgrado en Ing. Aeroespacial	0	10 a partir de 2012
ITESM, Campus Querétaro	Querétaro	Diplomado de 80 hrs. de Concentración profesional en Aeronáutica	15	15

FUENTE: COMEA

7.2.Recursos humanos de nivel técnico

Técnicos necesitados en el área de manufactura

Hasta ahora, parece ser que gran parte de la capacitación requerida por los técnicos ha sido proporcionada por las mismas empresas de acuerdo a sus necesidades específicas, independientemente o a través de convenios con instituciones educativas – que han propiciado el desarrollo de cursos o programas dirigidos únicamente a los empleados de las empresas promotoras. En particular, gracias a un convenio con el estado de Querétaro la Universidad Nacional Aeronáutica en Querétaro (UNAQ) ofrece cursos de capacitación técnica orientados cada uno a las exigencias de una empresa y abiertos a candidatos seleccionados por la misma – donde la empresa se compromete a contratar un alto porcentaje de los egresados después de la titulación. Los entrevistados de las empresas basadas en el estado de Querétaro se han declarado en gran mayoría satisfechos con los resultados de tales programas.

Aunque el desarrollo de la oferta de programas ad hoc es probablemente en parte el resultado de una gran diferenciación de requerimientos dentro de las empresas, así como de la oferta limitada de programas (en el caso de la región Norte) y de conveniencia (en el caso de la UNAQ, donde los programas de capacitación descritos arriba son financiados por el estado), es posible que un mayor éxito de programas de interés común podría ser impulsado a través de un esfuerzo de identificación de las principales competencias necesitadas por el sector y de la elaboración de estándares de capacitación para las mismas. A este propósito, en el Cuadro 2 se describen brevemente los resultados obtenidos por el sector aeroespacial canadiense en respuesta a un importante esfuerzo en este sentido.

La principal carencia lamentada por los entrevistados de empresas activas en el área de manufactura es la falta de técnicos con capacitación de CNC. Algunas empresas han desarrollado programas de entrenamiento en colaboración con instituciones educativas (en Baja California: CECATI, CECITE y el Tecnológico de Mexicali) para poder capacitar a sus propios empleados, aun cuando la capacitación toma más de un año.

Cuadro 2 – La creación de estándares y currícula para programas de entrenamiento para el sector aeroespacial en Canadá

Antes del 1991, la industria aeroespacial canadiense se caracterizaba por la escasa existencia de cursos de capacitación orientados al sector; los programas existentes eran en su mayoría diseñados a la medida de cada empresa, y estaban caracterizados por alta variedad en términos de contenido. Esto dificultaba la movilidad de los empleados así como la identificación de candidatos competentes por parte de las empresas.
Para solucionar este problema, el *Canadian Aviation Maintenance Council* (CAMC), en colaboración con exponentes de la industria, ha actuado para desarrollar y mantener actualizada una lista de las principales ocupaciones del sector: para cada una de estas se han definido las competencias requeridas así como los estándares de entrenamiento mínimo para obtenerlas.
Para algunas de las ocupaciones así definidas, el CAMC ha desarrollado también planes de estudio, que están disponibles para ser comprados por las instituciones de entrenamiento canadienses.

Esto ha resultado en la creación de un alto número de programas de entrenamiento para el sector aeroespacial en instituciones vocacionales, basados en los planes de estudio desarrollados por el CAMC. Debido al alto número de instituciones que los adoptan, los planes de estudio del CAMC se han convertido en un estándar *de facto* a nivel nacional.

También, la disponibilidad de estándares de competencia a nivel nacional ha permitido el desarrollo de un sistema informático de bolsa de trabajo, en el cual los candidatos al empleo pueden construir perfiles estructurados basados en las competencias reconocidas por el sector, y los empleadores pueden insertar la descripción de los perfiles necesitados por su empresas según los mismos estándares, facilitando así la búsqueda de empleo/empleados.

La lista de ocupaciones definida por el CAMC es reportada en el anexo 10.5.

FUENTE: "A Human Resources Study of the Canadian Aviation Manufacturing and Maintenance Industry", 2002

Además, el CENALTEC y la UNAQ recientemente empezaron a ofrecer cursos para técnicos especializados en CNC.

Un entrevistado mencionó también la ausencia en el país de técnicos maquinistas capaces de hacer prototipos sin control numérico; no obstante, la demanda de estos últimos parece ser muy baja en número y limitada a los centros de diseño más avanzados.

En relación a las capacidades, algunos entrevistados lamentaron la dificultad de encontrar empleados responsables y con alto sentido de precisión – dispuestos a señalar cualquier falla o error cometido por ellos mismos u otros en el trabajo. Otros notaron que a pesar de los bajos requisitos educativos puestos por la industria, existe la necesidad de entrevistar a muchos candidatos para encontrar personas con las competencias básicas buscadas – en particular, las de escritura y comprensión de lectura, de entender la realización tridimensional de planes bidimensionales y de

aprendizaje rápido; un entrevistado añadió que normalmente se entrevistan alrededor de 30 candidatos para cada puesto.

Se observan recientes esfuerzos a lo largo de la República hacia la creación de programas educativos técnicos enfocados al sector: se introdujeron en los últimos años los del ITSON (Sonora), de la UNAQ (Querétaro) y del CENALTEC (Chihuahua). Además, un convenio recientemente firmado entre el gobierno de Francia y México impulsará en los próximos años la creación de un campus aeronáutico anexo a la UNAQ que ofrecerá programas de nivel técnico universitario en Manufactura Aeronáutica y Mantenimiento de Aeronaves, cuyos certificados de estudios serán reconocidos en EEUU y Europa.

Resalta la falta de programas técnicos enfocados a esta industria en el estado de Baja

Cuadro 3 – El *Alamo Area Aerospace Academy*: un experimento innovador en la capacitación técnica para el sector aeroespacial

La Academia Aeroespacial del Área del Álamo es un consorcio de 8 empresas, 17 distritos escolares independientes, un *junior college* y un grupo de instituciones gubernamentales locales. Se fundó en 2001 con el objetivo de resolver las necesidades en términos de recursos humanos de compañías del sector aeroespacial establecidas en San Antonio, Texas, causadas por la presencia y expansión de empresas como Lockhead Martin y Boeing y la necesidad de reemplazar un alto número de jubilaciones de la generación de los *babyboomers*.

La Academia complementa la educación que reciben los estudiantes de los últimos dos años de media superior en su escuela con cursos adicionales que les permiten alcanzar las habilidades como mecánicos especializados en fuselaje o motores. Si los estudiantes deciden proseguir con estudios universitarios, la capacitación recibida es reconocida en varias instituciones como equivalente a 30 créditos universitarios.

Los estudiantes son normalmente empleados como becarios en empresas locales en el verano entre el primero y el segundo año en la Academia, y pueden esperar un sueldo de aproximadamente $2,500. Después de la graduación, los egresados contratados por empresas reciben sueldos generalmente por arriba de los $10 por hora (pueden llegar a $15 dependiendo de experiencia y escolaridad); este tipo de trabajo puede, entre otros, constituir un válido apoyo para quienes quieren seguir con sus estudios pero necesitan un empleo de tiempo parcial para financiarlos.

La capacidad de la escuela es de 160 estudiantes (80 nuevos ingresos por cada año).

La información de la cual disponemos parece indicar que la casi totalidad de los estudiantes egresados de la Academia ha continuado sus estudios en escuelas técnicas o universitarias; y que la Academia ha tenido algunas dificultades en encontrar nuevos estudiantes. Basados en la información disponible, no podemos llegar a conclusiones claras sobre el nivel de éxito de la institución.

FUENTE: Cutcher-Gershenfeld, J., T. Kochan, B. Barrett, E. Rebentisch, y R. Scott. *Developing a 21st Century Aerospace Workforce.* MIT Labor Aerospace Research Agenda and Lean Aerospace Initiative. Versión 2 - White Paper, 2001; http://www.alamo.edu/academies/aaaa.htm

California, donde se concentra el mayor número de las empresas del sector.

En cuanto a los programas de capacitación vocacional relevantes, aunque no específicos para el sector, existentes en el país, dos entrevistados comentaron sobre la falta de exigencia hacia los estudiantes, y por lo tanto de estimulación al crecimiento, así como sobre el bajo nivel de los profesores (la percepción es que generalmente se trate de personas que no tienen perspectivas de trabajo alternativas, y con poca experiencia del sector). No obstante, una persona ofreció comentarios positivos sobre los programas de nivel técnico universitario, en particular en referencia a los de la UTEQ.

Varios entrevistados notaron también cómo la falta de pruebas físicas y de aptitudes antes del ingreso a los programas técnicos (enfocados o no a la aeronáutica) se convierte en una desventaja para los egresados que después buscan trabajo en sectores de la industria que sí requieren de personal con buen estado de salud y capacidad física y con aptitudes. En particular, los requisitos para el trabajo en el sector aeroespacial incluyen un alto nivel de atención al detalle, además de una buena condición física: no se reclutan candidatos con capacidades visuales o de oído limitadas, o con defectos en la estructura ósea, debido a que esto podría limitar el cumplimiento de las tareas de manera eficiente. [28] Según un entrevistado de la UNAQ, la falta de una selección en ese sentido (que las instituciones públicas no pueden hacer por razones legales) tuvo como resultado que en el año en el que se experimentó el lanzamiento de un programa técnico básico estándar, el 30% de los egresados no fueran considerados como candidatos viables para la industria por razones médicas.

El siguiente cuadro detalla los programas técnicos enfocados al sector aeroespacial existentes en el país así como el número de egresados (actuales y esperados en los próximos años) de cada uno de ellos.

Ilustración 11: Programas técnicos enfocados al sector aeroespacial (área de manufactura) en el país y número de egresados actuales y esperados

Institución	Estado	Programa	Egresados 2009	Egresados a futuro (estimados, por año)
UNAQ	Querétaro	Técnico Superior Universitario en Aviónica	-	15 a partir de 2010
ITSON	Sonora	Técnico Superior Universitario, opción Manufactura Aeroespacial	-	25 a partir de 2011
CENALTEC	Chihuahua	Técnico Especializado en DG&T	35	50
CENALTEC	Chihuahua	Técnico Especializado en Manufactura	35	50
CENALTEC	Chihuahua	Técnico Especializado en CNC	35	50

FUENTE: COMEA, entrevistas con el sector

Técnicos necesitados en el área de MRO

Comparado a los ritmos de crecimiento del negocio esperados por los ejecutivos del área, el número de matrículas de los cursos para técnicos de mantenimiento (la

[28] Generalmente estos candidatos tampoco cumplen con los requisitos médicos mínimos para poder obtener una licencia como técnico de mantenimiento (MRO) por parte de la DGAC.

terminación y aprobación del curso es un prerrequisito para obtener la licencia de la DGAC) ofrecidos por instituciones públicas (actualmente, CONALEP y CECYT) es insuficiente. Por esta razón, algunos talleres – como el de Mexicana MRO – tienen sus propias escuelas, donde capacitan a recursos adicionales según sus necesidades y la disponibilidad de recursos en el mercado.[29]

Los cursos de técnicos de mantenimiento existentes se perciben como satisfactorios en términos de calidad; no obstante, dos entrevistados auspiciaron inversiones en la actualización e integración de los equipos de las escuelas.

El siguiente cuadro detalla los programas de capacitación de técnicos de MRO existentes en el país así como el número de egresados de cada uno de ellos.

Ilustración 12: Programas técnicos enfocados al sector aeroespacial (área de manufactura) en el país y número de egresados actuales y esperados

Institución	Estado	Programa	Egresados 2009	Egresados a futuro (estimados, por año)
CONALEP	DF, Jalisco, Nuevo León, Querétaro y Quintana Roo	Técnico profesional Opciones: 1) Mantenimiento de aeronaves 2) Laministería 3) Mantenimiento aviónico	70	50 por cada opción
CECYT (2,3,4,7)	DF y Estado de México	Técnico especializado en mantenimiento de aeronaves	0	90 a partir de 2012

FUENTE: COMEA

7.3. Otros recursos humanos necesitados por el sector

Varios entrevistados manifestaron que perciben una escasez tanto en el número como en el nivel de capacitación de los inspectores de la DGAC, así como una cierta desconfianza en las capacidades de la institución para identificar y responder con prontitud y eficacia a las exigencias del sector.[30]

Por el momento, esto no representa un cuello de botella para la industria de manufactura de aviones: la calidad de los talleres de MRO es generalmente garantizada por certificaciones otorgadas por autoridades internacionales[31], y la actividad de diseño de componentes en México es aún muy limitada.

No obstante, una posible escasez a futuro de inspectores capacitados para otorgar las certificaciones relacionadas con BASA podría constituir un cuello de botella para el

[29] Un entrevistado mencionó que el centro de capacitación interno de su empresa entrena actualmente alrededor de 100 técnicos por año; este número es superior al de los actuales egresados anuales de los programas del CONALEP.

[30] Esta desconfianza ha sido acentuada por la reciente decisión de la FAA de degradar la calificación de seguridad de la aviación mexicana, que la DGAC es encargada de garantizar. Fuente: http://www.eluniversal.com.mx/notas/698817.html

[31] Para poder efectuar la manutención de un avión, los talleres de MRO necesitan contar con la autorización de la autoridad del país en el cual el avión está matriculado, independientemente del país donde esté localizado el taller. Por lo tanto, no es raro que los talleres sean certificados para las autoridades de varios países.

desarrollo de actividades de diseño en el país a mediano y largo plazo. Actualmente, se están capacitando los primeros 15 inspectores BASA del país.

Aunque no se mencionaron problemas definidos, algunos entrevistados expresaron una cierta preocupación en relación a las capacidades de la DGAC de cumplir con las expectativas del sector, y auspiciaron un fortalecimiento a futuro.

7.4. Certificaciones y estándares de competencia

En México, no existen certificaciones de competencias de recursos humanos nacionalmente reconocidas o sistemas de acreditación de programas de capacitación en competencias técnicas enfocados al sector. La única excepción es la reglamentación que impone la Dirección General de Aeronáutica Civil sobre la capacitación y las certificaciones otorgadas a ingenieros y técnicos de MRO necesarias para autorizar el uso de aviones o partes después de ser reparadas. Esta reglamentación se percibe como algo funcional hasta el momento.[32]

La introducción de certificaciones reconocidas por todas las empresas del sector tendría varias ventajas, entre otras:

1. Permitiría a las instituciones educativas entender cuáles son las capacidades necesitadas por las empresas, y por lo tanto facilitaría el desarrollo de programas relevantes y de interés común para la industria.
2. Facilitaría la comprensión por parte de aquellos individuos interesados en trabajar para la industria de las capacidades necesitadas por las empresas del sector.
3. Permitiría a las empresas tener mayor claridad sobre las capacidades reales de los candidatos al empleo, y por lo tanto facilitaría las tareas de selección del personal.
4. Facilitaría las posibilidades de movilidad laboral.

Con el fin de dar un ejemplo del tipo de certificaciones que podrían ser útiles para el sector, en el anexo 10.5 se reporta la lista de las certificaciones otorgadas por el Consejo Canadiense de Mantenimiento de la Aviación de Canadá.

Además, los entrevistados mencionaron que dos certificaciones de utilidad inmediata podrían ser el buen manejo de CATIA y el de sistemas de CNC.

8. Sugerencias para la mejora de la oferta de capacitación para el sector aeroespacial

En los últimos cinco años, la industria aeroespacial mexicana ha tenido una fuerte expansión debido entre otras cosas a inversiones significativas provenientes del exterior. En el futuro, el sector tiene el potencial no sólo de continuar con esta tendencia (algunos entrevistados estimaron que el empleo en el sector se podría

[32] Este sistema es parecido a lo utilizado en la Unión Europea, que es descrito en el anexo 10.3.

doblar o triplicar en los próximos cinco años) sino también de evolucionar hacia segmentos de mayor valor agregado.

Para que esta posibilidad se vuelva realidad, es crítico que la expansión del sector se vea acompañada de un esfuerzo dedicado a asegurar la disponibilidad de un número suficiente de recursos humanos con la capacitación que requiere la industria. Recientemente, el sector y la comunidad académica han empezado a actuar para impulsar la creación de programas de capacitación enfocados al sector; los primeros resultados significativos fueron la creación del Consejo Mexicano de Educación Aeroespacial (COMEA), que actúa como interlocutor y representante de todas de las instituciones de educación media superior, técnica y universitaria con programas relacionados al sector. La COMEA ha contribuido ya en el diseño y la apertura de varios programas universitarios y técnicos enfocados al sector.

A pesar de estos esfuerzos, existen todavía brechas entre las necesidades del sector y la oferta de recursos humanos. Enseguida se detallan algunos riesgos y oportunidades percibidos por ejecutivos y expertos del sector.

1. Los egresados de programas de ingeniería son percibidos como profesionistas que carecen de capacidades gerenciales – en particular, de comunicación, trabajo de equipo, análisis y resolución de problemas, consciencia del impacto económico de sus actividades. Se sugiere por lo tanto impulsar la integración en los planes de estudio de los programas de ingeniería, cursos y experiencias enfocadas a desarrollar estas habilidades; con el mismo propósito, se sugiere evaluar la eficacia de las intervenciones que se han hecho ya en algunas instituciones, como en el Instituto Politécnico Nacional.
2. Con pocas excepciones (en particular, fueron mencionados el ITESM y el CETYS) el nivel de inglés promedio entre los egresados de las facultades de ingeniería del país es percibido como insuficiente. Se sugiere impulsar un mayor dominio del idioma, posiblemente analizando y replicando las metodologías de enseñanza utilizadas en el ITESM y en el CETYS. Además, los entrevistados aconsejaron poner mayor enfoque en la redacción y comprensión de textos de tipo técnico.
3. A pesar de que en los últimos tres años se han creado varios programas de ingeniería aeronáutica y aeroespacial, quedan dudas sobre si el nivel de los profesores y las inversiones en laboratorios van a ser suficientes para garantizar un alto nivel de calidad en la educación ofrecida. Podría tener sentido concentrar las inversiones en el desarrollo de un menor número de programas, ubicados en los estados de mayor desarrollo del sector (ej. Baja California y Querétaro) – especialmente en consideración de la demanda aún limitada, aunque en crecimiento, de recursos con esta especialidad. Con respecto al alto costo de las instalaciones, se sugiere también considerar la posibilidad de utilizarlas para

ofrecer programas de diferentes niveles (universitarios y técnicos), como se está experimentando en la UNAQ.

4. El reducido número de programas de posgrado en México crea dificultades para entrenar personal en materias altamente especializadas. Se sugiere desarrollar programas de especialización en materiales, sistemas eléctricos de potencia, análisis estructural, diseño, mecánica y calculo de fluidos, y MRO.

5. Los software de diseño que se utilizan en la mayoría de los cursos de ingeniería que imparten las universidades son percibidos como obsoletos (ej. AutoCAD) mientras que falta capacitación en paquetes actualmente utilizados por la industria – en particular, CATIA. Se sugiere evaluar la posibilidad de invertir en la compra de licencias y capacitación de paquetes de software más recientes en las escuelas, especialmente si estos son también utilizados en otros sectores además del aeroespacial.[33]Algunas empresas del sector han manifestado su disposición en considerar la posibilidad de contribuir financieramente a las inversiones necesarias.

6. Aunque las empresas del norte del país no parecen exigir, por el momento, altos niveles de capacitación a los candidatos para posiciones de técnicos (con excepción de los maquinistas), la falta de programas para la capacitación de recursos técnicos en esa región podría constituir una importante barrera a la transición hacia segmentos de mayor valor agregado. Se sugiere por lo tanto elaborar una estrategia que impulse los programas de reciente creación (ej. los del CENALTEC y del ITSON) así como la incorporación de nuevos, en estrecha vinculación con la industria. En particular, se señala la necesidad, mencionada por varios entrevistados, de programas de capacitación en CNC.

7. Al fin de facilitar el desarrollo de programas técnicos y cursos de capacitación relevantes y de común interés para la industria, se sugiere impulsar el desarrollo, en colaboración con la industria, de un sistema de definición de las principales ocupaciones y capacidades necesitadas por el sector, así como de los estándares mínimos de entrenamiento necesitados para alcanzarlas. Para esto, puede ser útil el análisis de experiencias de otros países donde el sector ya está más desarrollado – en particular, en este documento se presentaron algunas informaciones relativas a la de Canadá.

8. Los entrevistados del sector productivo han expresado desconfianza sobre la capacidad de la DGAC de actuar con prontitud y eficacia en respuesta a las necesidades del sector, y sugirieron el fortalecimiento de dicha institución; entre otros, expresaron preocupación respecto a si el número y el nivel de capacitación de los inspectores que se están entrenando para certificar el cumplimiento de normas de calidad en la manufactura aeroespacial establecidas en el acuerdo

[33] CATIA también se utiliza en la industria automotriz.

BASA, sean suficientes. Una falta de recursos en este sentido podría constituir una significativa barrera para el desarrollo del sector, y en particular del área de I&D.

Por último, en el trayecto del estudio se notó la existencia de otros esfuerzos importantes de investigación y desarrollo de estrategias para el sector, algunos de ellos con enfoque en la capacitación. Se sugiere fomentar una mayor colaboración entre las entidades que lideran estos esfuerzos (en particular: la Secretaría de Economía, Proméxico, FEMIA, COMEA) para asegurar una mejor coordinación y evitar la duplicación de costos.

9. Fuentes

9.1. Personas entrevistadas

Sergio Alberto Solís Cabello – Director de Opiniones sobre Mecanismos de Comercio Exterior, Secretaría de Economía de México

Manuel Sandoval Ríos – Director Ejecutivo de Análisis Prospectivo e Innovación, Proméxico

José Mariano Moreno Blat – Encargado de Análisis del Sector Aeroespacial, Proméxico

Carlos J. Bello Roch – Director General, FEMIA

Alfredo Juárez Gómez – Director General, COMEA

Agustín Cano Galván – Dirección de Ingeniería, Normas y Certificación, Dirección General de Aeronáutica Civil

Norma del Carmen Muñoz Madrigal – Subdirectora Nivel Técnico Básico, Universidad Nacional Aeronáutica en Querétaro (UNAQ)

Sorayda Herrera – Jefa del Departamento de Recursos Humanos, Universidad Nacional Aeronáutica en Querétaro (UNAQ)

Rogelio Morando Viveros – General Manager, KUO Aerospace

Ricardo Iñurria Farías – Director General Aernnova México

Pascal Labelle – Director, Recursos Humanos, Bombardier (Centro Manufacturero México)

Marc Joanette – Gerente, Desarrollo Organizacional y Adquisición de Talento, Bombardier (Centro Manufacturero México)

Sachiko García – Recursos Humanos, Bombardier (Centro Manufacturero México)

Alfredo Cárdenas – Director, Centro de Investigación y Tecnología de Honeywell Aerospace en Mexicali

Francisco J. Lafuente González – Director de Ingeniería y Desarrollo, ITR

Berenice López Félix – Directora de Recursos Humanos, Gulfstream Aerospace Mexicali

Alejandro González Montesinos M. – Design Engineer, Gulfstream Aerospace Mexicali

Stephane Vitrac – Director, SNECMA México

Pia Hernandez – Recursos Humanos, Messier Services Americas

Héctor Cobo – Maintenance Director, Mexicana MRO Services

Joseph Alonso – Experto en México del M.E.N.-M.E.S.R., Embajada de Francia

9.2. Bibliografía y referencias

A Human Resource Study of the Canadian Aviation Manufacturing and Maintenance Industry. Noviembre 2002.

Consejo Mexicano de Educación Aeroespacial (COMEA). 2008. *Presentación.* Reunión Ordinaria de la FEMIA, 3 de diciembre de 2008.

Cutcher-Gershenfeld, J., T. Kochan, B. Barrett, E. Rebentisch, y R. Scott. *Developing a 21st Century Aerospace Workforce.*2001. MIT Labor Aerospace Research Agenda and Lean Aerospace Initiative. Versión 2 - White Paper.

EFE. 2007. “Firman México y EU acuerdo para mejorar seguridad aérea” El Universal, 18 de septiembre de 2007 http://www.eluniversal.com.mx/notas/449933.html

Grupo de Trabajo de la Industria Aeroespacial Mexicana.2010.*Plan de Vuelo Nacional: Mapa de Ruta Tecnológica de la Industria Aeroespacial Mexicana 2009.*Versión preliminar.

Hafeez, Arshad. 2008. «The Future of Aerospace.» *Quality (Aerospace Special Section)*: 14-16.

Hernández, Y., A.L. Rivera, S. Santillán, y V.M. Castaño. 2010. «La aviación en México: estado actual y perspectivas. Primera parte.» *Ciencia Hoy*.

INEGI.2010. «Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo.»

The World Bank. 2003. «Lifelong Lerning in the Global Knowledge Economy»

MORALES, Jorge Antonio. 2007. «Aplicación de la metodología Seis Sigma, en la mejora del desempeño en el comsumo de ocmbustible de un vehículo en las condiciones de uso del mismo" *Tesis de Maestría.* Universidad Iberoamericana.

«Reglamentación EASA.2003. » *Official Journal of the European Union.* nº L 315/74. Anexo III.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Reglamento para la expedición de permisos, licencias y certificados de capacidad del personal técnico aeronáutico. 2010http://www.sct.gob.mx/fileadmin/normatividad/transporte_aereo_2010/12%20Reglamento%20para%20la%20Expedici%F3n%20de%20Permisos,%20Licencias%20y%20Certificados%20de%20Capacidad%20del%20Personal%20T%E9cnico%20Aeron%E1utico.pdf

Rivero, A. 2010 “Capta País mayor inversión aeroespacial” Periodico Reforma.com, 26 julio 2010 http://www.reforma.com/negocios/articulo/567/1132997/default.asp?Param=4&PlazaConsulta=reforma&EsCobertura=false&DirCobertura=&TipoCob=0

Solís, Sergio Alberto.2010.*Industria Aeroespacial en México (presentación).*Secretaría de Economía

2010. "FAA rebaja calificación a aviación civil en México" Periodico El Universal.mx, 30 de julio de 2010 http://www.eluniversal.com.mx/notas/698817.html

Sitios internet

Alamo Area Aerospace Academy. 2010
http://www.alamo.edu/academies/aaaa.htm

Bureau of Labor Statistics. 2010. http://www.bls.gov

Concordia Instituto for Aerospace Design and Innovation. 2010.
http://ciadi.concordia.ca

Delft University of Technology. 2009.Degree Programme Aerospace Engineering.
http://www.tudelft.nl/live/pagina.jsp?id=6a4e19d5-abdb-431c-af1d-a128835f8d25&lang=en

Instituto Politécnico Nacional. 2010. Ingeniería en Aeronáutica.
http://www.ipn.mx/WPS/WCM/CONNECT/IPN_HOME/IPN/ESTRUCTURA_PRINCIPAL/OFERTA_EDUCATIVA/SUPERIOR/INGENIERIA_Y_CIENCIAS_FM/TITULOACADEMICO_ESIME_TIC_ING_A.HTM

Instituto Tecnológico de Aeronaútica - ITA. 2010. Catálogo de carreras.
www.ita.br

Massachussets Institute of Technology.2010.Course 16: Aeronautics and Astronautics.
http://web.mit.edu/aeroastro/academics/undergrad/degrees.html

Proméxico. Aeroespacial. 2010. http://www.promexico.gob.mx/wb/Promexico/aeroespacial

Universidad Autónoma de Chihuahua. Ingeniero Aeroespacial. 2008.
http://www.uach.mx/academica_y_escolar/carreras/planes/2008/11/04/ingeniero_aeroespacial/#

Universidad Autónoma de Nuevo León.2010.Oferta Educativa.http://www.uanl.mx/oferta/licenciatura/facultades/fime/ia.html

Universidad de Washington.2010.Certificate Program in Aircraft Composite Structural Analysis & Design https://www.aa.washington.edu/courses/compCert.html

Wikipedia 2010. Aerospace Engineering. http://en.wikipedia.org/wiki/Aerospace_engineering

Wikipedia 2010. Catia. http://es.wikipedia.org/wiki/CATIA

Wikipedia 2010. Control Numérico por Computadora. http://es.wikipedia.org/wiki/Control_numérico_por_computadora

Wikipedia 2010.European Aviation Safety Agency http://en.wikipedia.org/wiki/European_Aviation_Safety_Agency

Wikipedia 2010. Industria Aeroespacial. http://es.wikipedia.org/wiki/Industria_aeroespacial

10. Anexos

10.1. Metodología del estudio

Con el propósito de lograr un buen entendimiento de las necesidades del sector y de cómo éstas son atendidas por el sistema educativo nacional, se efectuaron las siguientes actividades:

1. **Recolección y revisión/análisis de datos, literatura y noticias sobre el sector**, con el propósito de entender características generales, identificar las principales áreas de la cadena de valor del sector, y entender su importancia relativa y absoluta y sus perspectivas de crecimiento en México.
2. **Recolección de información sobre las capacidades necesitadas requeridas por cada área de la cadena del valor del sector**, a través de revisión de literatura y sitios web relacionados con el tema además de entrevistas a expertos y ejecutivos del sector.
3. **Análisis de la oferta de programas educativos y de certificaciones relevantes para el sector**, a través de revisión de datos estadísticos donde se encontraron disponibles así como entrevistas a académicos, expertos y ejecutivos del sector. Se trató de recolectar información cuantitativa (cuántos individuos capacitados están o van a estar disponibles en el mercado) y cualitativa (que tan adecuada es la formación con respecto a las exigencias del sector). Se efectuaron también comparaciones con programas a nivel internacional, basado en información disponible en internet.
4. **Elaboración de conclusiones y recomendaciones**, basado en el análisis de la información descrita arriba.

10.2. Comparación entre planes de estudio de licenciaturas en Ingeniería Aeroespacial (nacionales e internacionales)

10.2.1. Consideraciones generales

Enseguida se comparan los planes de estudio de algunas de las universidades en México que ofrecen la opción de Ingeniería Aeroespacial o Aeronáutica, con los de instituciones extranjeras reconocidas por su calidad o cuyo contexto presenta características comunes con el mexicano.
Entre los programas mexicanos se incluyeron el del IPN (el único programa establecido desde hace varias décadas), de la UACH y de la UANL, que abrieron la oferta en el año escolar 2007-08, y de la UNAQ, institución que tiene la característica de ofrecer programas desde técnico hasta posgrado enfocados exclusivamente al sector aeroespacial.
Estas universidades se comparan, a nivel internacional, con MIT y la universidad de Delft en Holanda, por ser reconocidas como dos de los mejores programas del mundo; así como con la ITA en Brasil, cuyo contexto puede considerarse similar en cuanto el sector, que tiene un desarrollo relativamente reciente; además de que el país presenta un nivel de desarrollo económico y social parecido al de México.

La principal observación que se concluye en esta sección es que existe todavía una carencia en las instituciones mexicanas con respecto a las opciones para obtener experiencia práctica y profesional durante los estudios universitarios. Así mismo, a pesar de que existen ya iniciativas y proyectos en algunas universidades, la oferta internacional parece tener un mayor nivel de vinculación con proyectos de la industria. Además de fomentar el aprendizaje aplicado, es probable que los proyectos y prácticas puedan ser catalizadores del aprendizaje de las habilidades transversales tales como las de responsabilidad, trabajo en equipo, puntualidad, y de comunicación.

La carrera de Ingeniería Aeronáutica del IPN está disponible en dos lugares: en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Ticomán y en la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería en Guanajuato. Los alumnos pueden elegir dos opciones de especialización: Diseño y

Construcción y Operación del Transporte Aéreo; ambos enfoques comparten las mismas materias (incluidas algunas de humanismo) hasta el cuarto semestre.

La carrera de Ingeniería Aeronáutica de la UACH ofrece, en principio, un panorama de fundamentos de ingeniería; la especialización aeronáutica empieza a partir del séptimo semestre. Por esta razón, el perfil del egresado permite su empleo en otros sectores, como el automotriz o metalúrgico. Se enseña inglés durante cinco semestres, ofreciendo la opción para certificar ésta habilidad en la universidad a aquellos alumnos que no cuenten con un nivel avanzado antes de ingresar. El plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica de la UANL se caracteriza por tener un amplio número de materias optativas y complementarias, incluidas algunas de corte humanista (como Tópicos Selectos de la Formación General Universitaria o la materia de Apreciación de las Artes) que complementan el perfil técnico y científico de los egresados. Además, identifica el contexto social actual de la profesión, lo que permite al estudiante comprender la relevancia e impacto de su carrera. A diferencia del plan de estudios de la UACH, no cuenta con una materia de enseñanza del idioma inglés, sino que la aceptación al programa pide como requisito el dominio de un segundo idioma, preferentemente inglés, el cual es evaluado mediante el examen EXCI y una entrevista personal con el comité de aceptación de la carrera.

Por último, la UNAQ ofrece la carrera de Ingeniería Aeronáutica en Manufactura. Su plan de estudios incluye una estancia industrial y un proyecto en el último año de carrera. La institución se promueve mencionando que el egresado no solo cuenta con las capacidades y habilidades técnicas para desarrollarse en la industria aeroespacial, sino también obtiene habilidades de comunicación en inglés y de gestión de proyectos.

A nivel global, el plan de estudios de Delft contempla un gran número de proyectos, prácticas y ejercicios que enriquecen las materias teóricas de la carrera. Un aspecto innovador es la materia de desarrollo sustentable, así como la posibilidad de especializarse, a partir del tercer año, en esa área. En ella, se estudia el interés actual por hacer a la ingeniería (aeroespacial, específicamente) una actividad sustentable.

Por otro lado, el programa de Ingeniería Aeroespacial del MIT está dividido en Ingeniería Aeroespacial e Ingeniería Aeronáutica con Tecnologías de la Información. Una característica importante de estas carreras es su alto contenido computacional y por consiguiente, un enfoque definido hacia el diseño, la implementación y operación, más que al mantenimiento. Además, se ofrece a los alumnos prácticas profesionales (internships) en empresas durante los veranos, las cuales son tomadas en cuenta como unidades o créditos para completar la carrera. Ésta es una oportunidad para que los alumnos obtengan experiencia en el campo laboral de su interés y apliquen sus conocimientos obtenidos en el aula en un proyecto de la vida real.

Finalmente, el programa de ingeniería en aeronáutica en el ITA de Brasil se enfoca los primeros dos años a un currículo genérico para varios programas de ingeniería, y posteriormente los alumnos eligen un campo de especialización. Todos los programas incluyen la materia de inglés, así como cursos optativos del departamento de humanidades y una actividad deportiva. En específico, el plan para ingeniería en aeronáutica requiere que los alumnos realicen prácticas profesionales en el país o en el extranjero por un número determinado de horas (entre 380 y 500).

10.2.2. Planes de estudio

Ingeniería Aeroespacial de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH)

Primer semestre:
Álgebra superior, Cálculo diferencial e integral, Dibujo, Física básica, Inglés III, Laboratorio de física, Sociedad y cultura, Tecnología y manejo de la información
Segundo semestre:
Álgebra lineal, Cálculo aplicado, Inglés IV, Introducción al desarrollo económico, Laboratorio de química

general, Lenguaje y comunicación, Química general, Universidad y conocimiento

Tercer semestre:

Administración, Contabilidad, Ecuaciones diferenciales, Laboratorio de Electricidad y magnetismo, Estática, Inglés avanzado I, Laboratorio de estática, Programación

Cuarto semestre:

Cálculo vectorial, Análisis de circuitos eléctricos, Laboratorio de análisis de circuitos eléctricos, Dinámica, Laboratorio de dinámica, Mecánica de materiales I, Laboratorio de mecánica de materiales I, Métodos numéricos, Probabilidad y estadística I, Inglés avanzado II

Quinto semestre:

Metalurgia, Laboratorio de metalurgia, Mecánica de materiales II, Laboratorio de mecánica de materiales II, Dibujo avanzado I, Probabilidad y estadística II, Preparación para el examen TOEFL

Sexto semestre:

Termodinámica, Laboratorio de termodinámica, Optativa I, Laboratorio de optativa I, Administración de Proyectos, Optativos II, Sistemas de calidad, Optativas

Séptimo semestre:

Aerodinámica I, Mecánica orbital y espacio ambiental, Redacción y comprensión (SPCD), Estructuras aeroespaciales

Octavo semestre:

Aerodinámica II, Dinámica y control de vuelo, Ingeniería en sistemas aeroespaciales, Comunicación oral, Propulsión

Noveno semestre:

Transferencia de calor, Laboratorio de aerofluidos, Diseño de cubiertas aeroespaciales, Producción y manufactura aeroespacial

Ingeniería Aeroespacial de la Delft University of Technology (TU Delft) de Holanda

Primer año:

Introduction to Aerospace Engineering Project, Computer Aided Design, Spatial Insight and Computer Application, Aerodynamics Project, Introduction to Aerospace Engineering Lab Exercise, Introduction to Aerospace Engineering Course, Projection Methods and Introduction to Engineering Drawing, Structures project, Introduction to Aerospace Engineering I, Introduction to Aerospace Engineering II-B, Introduction to Aerospace Engineering II-A, Aerospace Materials & Manufacturing I, Space Engineering & Technology I, Delft Applied Mechanics Course: Statics, Delft Applied Mechanics Course: Dynamics, Delft Applied Mechanics Course: Mechanics of Materials, Introduction to Computer Programming, Introduction to Computer Programming (Lab), Refresher Track, Calculus, Linear Algebra

Segundo año:

Second Year Project Part I, Second Year Project Part II, Aerodynamics B, Thermodynamics and Compressible Aerodynamics, Low Speed Windtunnel Practical, Supersonic Windtunnel Exercise, Airplane Performance II, Test Flight, Aircraft Stress Analysis and Structural Design, Aircraft Structural Analysis I, Aerospace Materials and Manufacturing II, Practical Materials Science, Vibrations of Aerospace Structures, Probability and Observation Theory, Introduction to Earth Observation, Space Engineering and Technology II, Differential Equations, Technical Writing

Terceraño – cursosobligatorios:

Design Synthesis Exercise, Low Speed Wintunnel Test 3, Thermodynamics and Gas Turbines, Flight Dynamics I, Exercise Flight Dynamics and Simulation, Dynamics and Stability, Sustainable Development for Aerospace Engineers, Oral Presentation

Terceraño: cursos de especialización (optativos):

Minor Aerospace Analysis and Development

Computational Fluid and Solid Mechanics, Computational Fluid and Solid Mechanics Practical, Constitutive Modeling in Aerospace Engineering, Aerospace Systems and Control Theory, Aerospace Systems and Control Theory Practical, Systems Engineering and Technical Management Techniques,

Modern Materials for Aerospace Applications Part A, Modern Materials for Aerospace Applications Part B, Partial Differential Equations

Minor Aerospace Design and Technology

Aircraft Design, Computational Fluid and Solid Mechanics, Computational Fluid and Solid Mechanics Practical, Space Engineering and Technology III, Exercise Space Engineering and Technology, Systems Engineering and Technical Management Techniques, Aircraft Systems, Electronic Circuits

Minor Aerospace Operation and Exploitation

Air Transportation and Systems I, Air Transportation and Systems II, Strategic Planning for Airport Systems Practical, Aerospace Systems and Control Theory, Aerospace Systems and Control Theory Practical, Space Engineering and Technology III, Exercise Space Engineering and Technology, Systems Engineering and Technical Management Techniques, Numerical Methods for Differential Equations, Numerical Mathematics (Lab), Business Economics for Aerospace Engineers

Minor Aerospace for Sustainable Earth

Aircraft Design, Earth and Planetary Observation, Systems Engineering and Technical Management Techniques, Practical Electrical Power Generations Storage and Usage, Present Interest in Sustainable Engineering, Electrical Power Engineering, Case Study/Mini Project, Introduction to Wind Energy

Ingeniería Aeroespacial de MIT (USA)

Troncocomún

Fundamentals of Engineering Design: Explore Space, Sea and Earth, Introduction to Aerospace and Design, Dynamics, Principles of Automatic Control, Introduction to Computers and Engineering Problem Solving, Probabilistic Systems Analysis, Differential Equations

IngenieríaAeroespacial

Aerodynamics: Special Subjects in Fluids and Propulsion, Flight Vehicle Aerodynamics, Compressible Internal Flow and Aeroacoustics, Advanced Special Subject in Mechanics and Physics of Fluids (1), Advanced Special Subject in Mechanics and Physics of Fluids (2)

Structural Mechanics: Special Subject in Materials and Structures, Manufacturing with Advanced Composite Materials, Structural Dynamics and Vibrations, Mechanics of Heterogeneous Materials, Computational Mechanics of Materials, Plates and Shells, Materials and Processes Microelectromechanical Devices and Systems, Advanced Special Subject in Materials and Structures (1), Advances Special Subject in Materials and Structures (2)

Introduction to Propulsion Systems:Aicraft Engines and Gas Turbines, Rocket Propulsion, Space Propulsion, Internal Flows in Turbomachines, Ionized Gases, Aircraft Gas Unit Structures, Advanced Special Subject in Propulsion and Energy Conversion (1), Advanced Special Subject in Propulsion Energy Conversion (2)

Computational Methods in Aerospace and Engineering: Numerical Methods for Partial Differential Equations, Advanced Topics in Numerical Methods for Partial Differential Equations, Advanced Special Subject in Computation (1), Advanced Special Subject in Computation (2)

Ingeniería Aeronáutica con Tecnologías de la Información

Feedback Control Systems: Special Subject in Control, Dynamics and Automation, Feedback Control Systems, Stochastic Estimation Control, Principles of Optimal Control, Aircraft Stability and Control, Spacecraft and Aircraft Sensors and Instrumentation

Real-Time Systems and Software: Concepts in the Engineering of Software

Communication Systems and Networks: Data-Communication Networks, Statistics for Engineers and Scientists, Principles of Wide Bandwidth Communication, Advanced Special Subject in Information and Control (1), Advanced Special Subject in Information and Control (2)

Human Factors Engineering: Special Subject in Communication and Software, Robotics: Science and Systems I, Robotics: Science and Systems II

Principles of Autonomy and Decision Making: Cognitive Robotics, Principles of Autonomy and Decision Making, Planning Under Uncertainty, Human Supervisory Control of Automated Systems, Aerospace Biomedical and Life Support Engineering, Sensory-Neural Systems: Spatial Orientation from End Organs to Behavior and Adaptation, Human Factors Engineering, Biomedical Signal and Image Processing, Bioengineering Journal Article Seminar, Statistical Methods in Experimental Design, Human-Computer Interface Design Colloquium, Advanced Special Subject in Humans and Automation (1), Advanced Special Subject in Human and Automation (2)
Flight Vehicle Engineering/Space Systems Engineering:Experimental Project Laboratory, Experimental Project, Space Systems Development, Flight System Development

Ingeniería aeronáutica del Instituto Politécnico Nacional (IPN)

OPCIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Primer semestre:
Cálculo diferencial e integral, Física clásica, Fundamentos de álgebra, Fundamentos de programación, Humanidades I: Ingeniería, ciencia y sociedad, Química básica
Segundo semestre:
Cálculo vectorial, Ecuaciones diferenciales, Electricidad y magnetismo, Humanidades II: La comunicación y la ingeniería, Programación orientada a objetos, Química aplicada
Tercer semestre:
Análisis numérico, Fundamentos de circuitos eléctricos, Ingeniería de materiales, Introducción a la física moderna, Matemáticas superiores, Mecánica de sólidos, Termodinámica y principios de transferencia de calor
Cuarto semestre:
Dinámica de fluidos, Diseño por computadora, Flexión, Metrología, Probabilidad y estadística, Sistema eléctrico en aeronaves, Sistemas propulsivos
Quinto semestre:
Aerodinámica, Análisis matricial de estructuras, Dispositivos analógicos y digitales, Fundamentos de motores de combustión interna, Humanidades III: Desarrollo humano, Procesos de manufactura
Sexto semestre:
Diseño de elementos de máquinas, Estructuras de pared delgada, Mecánica de vuelo, sistemas de motores de combustión interna, Sistemas electrónicos digitales
Séptimo semestre:
Dinámica de vuelo, Humanidades V: El humanismo frente a la globalización, Metodología de la investigación o tópicos selectos de ingeniería I, Materiales compuestos, Optativa estructuras I, Optativa ingeniería térmica I, Teoría de la administración
Octavo semestre:
Diseño de bases de datos, Optativa aerodinámica II, Optativa ingeniería térmica II, Planeación y evaluación de proyectos, Optativa estructuras II, Sistemas de control de aeronaves

Optativa Estructuras I
Aeroelasticidad, Dinámica estructural, Mecánica de la fractura
Optativa Ingeniería Térmica I
Diseño de elementos de motor alternativo, Diseño y manejo de información técnica de motores, Termofluidos
Optativa Aerodinámica
Aerodinámica experimental, Aerodinámica supersónica, Dinámica de fluidos computacionales, Diseño aerodinámico, Proyecto de ingeniería o tópicos selectos de ingeniería II
Optativa Estructuras II

Análisis experimental de esfuerzos, Construcciones aeronáuticas, Mecánica estructural de materiales compuestos, Proyecto de ingeniería o tópicos selectos de ingeniería II

Optativa Ingeniería térmica II

Dinámica de motores de combustión interna, Diseño de elementos de motores aerorreactores, Ingeniería de construcción de motores, Proyecto de ingeniería o tópicos de selectos de ingeniería

Optativa Tecnología

Análisis de sistemas dinámicos, Corrosión de metales en aeronáutica, Aplicaciones de software en ingeniería, Hidroneumática, Comunicaciones aeronáuticas, Proyecto de ingeniería o tópicos selectos de ingeniería II

OPCIÓN: OPERACIÓN DEL TRANSPORTE AÉREO

Primer semestre:

Cálculo diferencial e integral, Física clásica, Fundamentos de álgebra, Fundamentos de programación, Humanidades I: Ingeniería, ciencia y sociedad, Química básica

Segundo semestre:

Cálculo vectorial, Ecuaciones diferenciales, Electricidad y magnetismo, Humanidades II: La comunicación y la ingeniería, Programación orientada a objetos, Química aplicada

Tercer semestre:

Análisis numérico, Fundamentos de circuitos eléctricos, Ingeniería de materiales, Introducción a la física moderna, Matemáticas superiores, Mecánica de sólidos, Termodinámica y principios de transferencia de calor

Cuarto semestre:

Dinámica de fluidos, Diseño por computadora, Flexión, Metrología, Probabilidad y estadística, Sistema eléctrico en aeronaves, Sistemas propulsivos

Quinto semestre:

Aerodinámica, Diseño de bases de datos, Fundamentos de motores de combustión interna, Humanidades III: Desarrollo humano, Legislación aeronáutica, Navegación aérea

Sexto semestre:

Humanidades IV: Desarrollo personal y profesional, Ingeniería de operaciones, Mecánica de vuelo, Optativa I, Sistemas de motores de combustión interna, Sistemas en aeronaves

Séptimo semestre:

Aviónica, Humanidades V: El humanismo frente a la globalización, Metodología de la investigación o tópicos selectos de ingeniería I (5 o 6), Optativa II (5) o (6), Optativa III (5) o (6), Reparaciones estructurales, Teoría de la administración

Octavo semestre:

Manufactura aeronáutica, Optativa IV (5) o (6), Proyecto de ingeniería o tópicos selectos de ingeniería II (5) o (6), Sistemas de calidad, Tecnología de materiales compuestos (5) Proyecto de Operaciones Aeronáuticas(6) Proyecto de Mantenimiento Aeronáutico

Optativa I:Aeropuertos, Ingeniería de mantenimiento

Optativa II:Ingeniería de aeropuertos, Ingeniería de motores

Optativa III:Seguridad en la aviación civil, Mantenimiento aviónico

Optativa IV:Rendimiento de aeronaves, Rendimientos y pruebas de sistemas propulsivos

Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)

Primer semestre:

Mecánica traslacional y rotacional, Álgebra para Ingeniería, Cálculo diferencial, Dibujo para Ingeniería, Química general, Aplicación de las Tecnologías de Información, Competencia comunicativa

Segundo semestre:

Ondas y calor, Programación básica, Cálculo integral, Taller integrador, Ciencia de los materiales, Contexto social de la profesión, Apreciación de las Artes

Tercer semestre:

Probabilidad y estadística, Electromagnetismo, Ecuaciones diferenciales, Estática, Procesos de manufactura, Mecánica de fluidos, Introducción a la ciencia aeroespacial

Cuarto semestre:

Termodinámica básica, Circuitos eléctricos, Series de Fourier y Transformadas de Laplace, Dinámica, Mecánica de materiales, Potencia fluida, Complementaria de ciencias básicas

Quinto semestre:

Termodinámica de gases y vapores, Máquinas eléctricas, Materiales aeroespaciales I, Vibraciones mecánicas, Taller de diseño asistido por computadora, Complementaria de ciencias básicas (1), Complementaria de Ciencias Básicas (2)

Sexto semestre:

Flujo Compresible, Aerodinámica I, Ingeniería de Control, Transferencia de Calor, Mecánica de Materiales, Complementaria de Ciencias de la Ingeniería, Complementaria de Otros Cursos Tópicos Selectos de Formación General Universitaria

Séptimo semestre:

Combustión, Técnicas de Medida, Dinámica de Vuelo, Diseño de Estructuras Aeroespaciales, Complementaria de Ciencias de la Ingeniería, Tópicos Selectos de Formación General Universitaria

Octavo semestre:

Sistemas de Propulsión de Aeronaves, Dinámica Estructural, Normatividad y Legislación, Complementaria de Ingeniería Aplicada, Tópicos Selectos de Formación General Universitaria (1), Tópicos Selectos de Formación General Universitaria

Noveno semestre:

Proyecto IAE I, Taller de Estructuras Aeroespaciales, Tópicos Selectos IAE I, Ambiente y Sustentabilidad, Complementaria de Ingeniería Aplicada

Décimo semestre:

Proyecto IAE II, Ética, Sociedad y Profesión, Tópicos Selectos IAE II, Complementaria de Ingeniería Aplicada

Complementarias de Ciencias Básicas

Estadística Inferencial, Álgebra Lineal, Análisis Numérico, Física Moderna, Matemáticas Avanzadas

Complementarias de Ciencias de la Ingeniería

Fenómenos de Transporte, Introducción a la Mecatrónica, Instrumentación, Ingeniería Electrónica, Metrología Dimensional, Turbomaquinaria

Complementarias de Otros Cursos

Aseguramiento de la Calidad Aeronáutica, Evaluación de Proyectos, Comercio Internacional Aeronáutico, Ambiente Aeroportuario, Seguridad Operacional

Complementarias de Ingeniería Aplicada

Caracterización de Materiales, Materiales Aeroespaciales II, Análisis de Fallas, Análisis de Elementos Finitos, Dinámica de Fluidos Computacional, Aerodinámica II, Sistemas Hidráulicos de Aeronaves, Diseño Conceptual de Aviones, Administración del Mantenimiento Aeronáutico, Mantenimiento de Aeronaves, Análisis de Vibración Aplicado al Mantenimiento, Ingeniería de Comunicaciones, Aviónica

Tópicos Selectos de la Formación General Universitaria

Tópicos Selectos de Lenguas y Culturas Extranjeras, Tópicos Selectos de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades, Tópicos Selectos de Desarrollo Académico y Profesional, Tópicos Selectos Desarrollo Humano, Salud y Deportes

Ingeniería Aeronáutica en Manufactura de la UNAQ

Primer cuatrimestre
Matemáticas para Ingeniería I, Estática, Electricidad y Magnetismo, Introducción a la industria aeronáutica y aeroespacial, Comunicación Técnica para Ingeniería I, Desarrollo Profesional
Segundo cuatrimestre
Matemáticas para Ingeniería II, Estadística Descriptiva, Cinemática y Dinámica, Informática, Normatividad, industrial y laboral, Comunicación Técnica para Ingeniería II
Tercer cuatrimestre
Ecuaciones Diferenciales , Estadística Inferencial, Química General, Termodinámica, Introducción a la Ingeniería de Manufactura y Calidad, Dibujo Técnico y CAD
Cuarto cuatrimestre
Métodos Numéricos, Transferencia de calor, Fundamentos de metalurgia, Herramientas de calidad y solución de problemas, Química inorgánica, Modelos sólidos
Quinto cuatrimestre
Química Orgánica, Mecánica de Fluidos, Control de Procesos, Instrumentación, Control y Metrología, Resistencia de Materiales
Sexto cuatrimestre
Aerodinámica y Mecánica de vuelo, Ingeniería Ambiental, Distribución de planta y manejo de materiales, Polímeros y Cerámicos, Electroquímica
Séptimo cuatrimestre
Motores I, Gestión de la Calidad I, Sistemas de Producción, Materiales Compuestos, Corrosión y Protección, Dispositivos y Mecanismos
Octavo cuatrimestre
Motores II, Gestión de la Calidad II, Liderazgo y Manejo de Grupos, Tratamientos Químicos y Electroquímicos, Procesos de Manufactura I, Diseño de Estructuras
Noveno cuatrimestre
Sistemas de Aeronaves, Ingeniería de Costos, Soldadura, Tratamientos Térmicos, Tratamientos Superficiales, Procesos de Manufactura II
Décimo primer cuatrimestre
Estancia Industrial
Décimo segundo cuatrimestre
Administración de Proyectos, Desarrollo de Nuevas Partes, Prevención y Análisis de Fallas, Ensayos no Destructivos, Proyecto Final

Ingeniería aeronáutica del Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA

Tronco Común
Primer semestre:
Introducción a la Computación, Cálculo Diferencial e Integral I, Vectores y Geometría Analítica, Química General I, Modelación Geométrica y Geometría Descriptiva, Epistemología y Filosofía de la Ciencia, Coloquio, Prácticas Deportivas
Segundo semestre:
Mecánica, Cálculo Diferencial e Integral II, Álgebra Linear y Aplicaciones, Química General II, Diseño Técnico, Tecnología y Sociedad, Algoritmos y Estructuras de Datos, Prácticas Deportivas
Tercer semestre:
Mecánica II, Electricidad y Magnetismo, Ecuaciones Diferenciales Ordinarias, Cálculo Vectorial, Introducción a la Ingeniería, Curso Optativo, Matemática Computacional
Cuarto semestre:
Ondas y Física Moderna, Ecuaciones Diferenciales Parciales, Funciones de Varianza Compleja, Probabilidad y Estadística, Curso Optativo, Mecánica de Sólidos, Termodinámica

OPCIÓN: INGENIERÍA AERONÁUTICA
Quinto semestre:

Dinámica de Fluidos, Teoría de Estructuras, Electrónica Aplicada, Ingeniería de Materiales I, Propulsión Aeronáutica I, Curso Optativo
Sexto semestre:
Dinámica de Gases, Teoría de Estructuras Aeronáuticas, Transferencia de Calor, Ingeniería de Materiales II, Desempeño de Aeronaves, Proyecto de Aeronaves I, Propulsión Aeronáutica II
Séptimo semestre:
Aerodinámica de Asa y Fuselaje, Teoría de Estructuras Aeronáuticas II, Fundamentos de Teoría de Controles, Proyecto Conceptual de Aeronaves, Propulsión Aeronáutica III, Curso Optativo
Octavo semestre:
Electrotécnica Aplicada a Aeronaves, Dinámica Estructural e Aeroelasticidades, Sistemas de Aeronaves, Estabilidad de Control de Aeronaves, Proyecto Avanzado de Aeronaves, Curso Optativo, Disciplina Optativa
Noveno semestre:
Opción A: Estancia profesional supervisada en el país 360 horas
Opción B: Estancia profesional supervisada en el exterior de 500 horas
Décimo semestre:
Trabajo de Graduación, Aviónica, Principios de Economía, Principios de Derecho

Cursos optativos del Departamento de Humanidades:
Ética, Lectura y Escritura del portugués, Expresión oral del portugués, Inglés instrumental I, Inglés Instrumental II, Práctica de Inglés Oral, Individuo y Sociedad, Tecnologías y Mudanzas Culturales, Formación Histórica del Mundo Globalizado, Aspectos Sociales de la Organización de la Producción, Historia de la Ciencia y Tecnología de Brasil, Cultura Brasileña, Teoría Política, Historia de la Tecnología Aeronáutica, Teoría Social y Medio Ambiente.

10.3. Programas CONALEP

El CONALEP actualmente ofrece los siguientes programas enfocados al sector aeroespacial, y en particular al subsector MRO:

1. Profesional Técnico y Profesional Técnico Bachiller[34] en **Mantenimiento de Motores y Planeadores**: enfocados a desarrollar las competencias necesarias para el mantenimiento y la reparación de sistemas y componentes motores de las aeronaves (controles de mantenimiento, diagnóstico y reparación de fallas, evaluación de aeronavegabilidad, etc.)
2. Profesional Técnico y Profesional Técnico Bachiller en **Laministería y Recubrimiento de las Aeronaves**: enfocados a desarrollar las competencias necesarias para el mantenimiento y la reparación de estructuras metálicas y de materiales compuestos de las aeronaves (controles de mantenimiento, diagnóstico y reparación de fallas, prevención de corrosión, evaluación de aeronavegabilidad, etc.)
3. Profesional Técnico y Profesional Técnico Bachiller en **Sistemas Electrónicos de Aviación**: enfocados a desarrollar las competencias necesarias para el mantenimiento y reparación de sistemas electrónicos de aeronaves (controles de mantenimiento, diagnóstico y reparación de fallas, evaluación de aeronavegabilidad, etc.)

Todos estos programas se ofrecen en el DF (plantel Aeropuerto). Además, los programas en Mantenimiento de Motores y Planeadores se ofrecen en los estados de Jalisco, Nuevo León, Querétaro y Quintana Roo.

Algo que llama la atención es que a pesar de que en Baja California existen cuatro empresas que desarrollan actividades de MRO, no existe oferta de dichos programas por parte de CONALEP en éste estado. Sin embargo en Jalisco, donde no hay empresas de MRO y en Quintana Roo, donde no está

[34] El programa de Profesional Técnico en CONALEP está dirigido a aquellos que desean entrar al mercado laboral al terminar este nivel de estudios mientras que el Profesional Técnico Bachiller brinda más herramientas al estudiante para poder continuar sus estudios en el nivel superior, si así lo desea.

establecida ninguna empresa de la industria, sí existe la oferta de los programas mencionados previamente por parte de CONALEP.

10.4. Unión Europea: reglamentación de la capacitación necesaria para efectuar operaciones de MRO

La Agencia Europea de Seguridad Aérea (en inglés *European Aviation Safety Agency* o EASA) es una agencia de la Unión Europea, que se encarga entre otras cosas de la reglamentación y certificación del entrenamiento del personal responsable de la manutención de aviones.

La reglamentación del EASA prevé tres niveles de entrenamiento y certificación.[35]

1) Categoría A: Mecánicos de Línea de Mantenimiento
   El poseedor de la licencia está autorizado para certificar la correcta ejecución de ciertas manutenciones rutinarias y reparaciones básicas (especificadas en cada licencia, dependiendo de entrenamiento específico recibido) que hizo personalmente en una empresa/organización autorizada.
2) Categorías B: Técnico de Línea de Mantenimiento, con especialización en Mecánica (B1) o Aviónica (B2)
   El poseedor de la licencia está autorizado para certificar la correcta ejecución de ciertas manutenciones y reparaciones básicas y más complejas (especificadas en la licencia, dependiendo de entrenamiento específico recibido) en una empresa/organización autorizada.
3) Categoría C: Ingeniero de Mantenimiento
   El poseedor de la licencia está autorizado para certificar la correcta ejecución de toda operación de mantenimiento y reparación de una aeronave en una empresa/organización autorizada.

Los requisitos para la obtención de las licencias incluyen edad mínima (18 años), conocimientos teóricos (verificados a través de exámenes o por la detención de determinadas calificaciones técnicas) y experiencia y entrenamiento relevantes. La vigencia de la licencia es subordinada a la ejecución continua de tareas de mantenimiento de aviones (los poseedores de licencias necesitan haber tenido por lo menos 6 meses de experiencia en los últimos dos años para ejercer sus privilegios).

Vale la pena notar que, en la Unión Europea, la autorización para efectuar mantenimiento y reparaciones es subordinada no solamente a la certificación del mecánico, técnico o ingeniero responsable pero también a la certificación de la organización o empresa en la cual se hace el trabajo. Los requisitos para la certificación de las organizaciones o empresas se detallada en la sección 145 de la reglamentación del EASA.

La reglamentación del EASA también define los requerimientos mínimos para el otorgamiento de licencias para la operación de escuelas de entrenamiento en el mantenimiento de aeronaves[36]. Éstas incluyen requisitos de personal (ej. conocimientos y capacitación continua de los entrenadores), de espacios de enseñanza y de equipo. Las licencias son otorgadas por las autoridades competentes de cada estado miembro de la Unión Europea.

[35] Reglamentación EASA, parte 66, publicada en el *Official Journal of theEuropeanUnion* el 28 de Noviembre de 2003.
[36] Reglamentación EASA, parte 147, publicada en el *Official Journal of theEuropeanUnion* el 28 de Noviembre de 2003.

10.5. Sistema de certificación de competencias técnicas del sector aeroespacial Canadiense

El Consejo Canadiense de Mantenimiento de la Aviación (en inglés *Canadian Aviation Maintenance Council* o CAMC) es una organización sin fines de lucro cuya misión es desarrollar, promover y administrar una estrategia de recursos humanos efectiva para la industria aeronáutica y aeroespacial de Canadá. Este consejo está encargado de publicar los Estándares Nacionales de Ocupaciones apoyado por cuadernos de registro y planes de estudio.
El Consejo cuenta con una Junta de Acreditación formada por representantes corporativos, laborales, militares y educativos que buscan que los programas de capacitación y entrenamiento de las empresas sean de alta calidad y respondan a las necesidades y prácticas de la industria.

Asimismo, la Junta de Certificación emite recomendaciones sobre aspectos técnicos y administrativos del sistema de certificación de 28 perfiles técnicos y 1 licencia. Para certificarse, cada candidato debe ser capaz de completar diferentes tareas asignadas bajo supervisión de un evaluador independiente, además de cumplir ciertos requisitos de aptitudes y capacitación. Una vez cubiertos todos los requisitos, el candidato puede aplicar para que el Consejo revise su candidatura y certifique, en caso aprobatorio, los conocimientos, habilidades y competencias del aspirante, emitiendo un documento válido a nivel nacional.

Ilustración 13: Catálogo de ocupaciones y requisitos para certificación del CAMC

Ocupación	Nivel mínimo de educación formal requerido	Otros requisitos
Técnico en reparación y revisión de motores de turbina a gas de aviones	Secundaria técnica	Destreza con manuales y habilidades de lectura de comprensión y buena condición física. Tres años de experiencia documentada también califica para certificación
Técnico en interiores de aviones	Secundaria técnica	Mínimo de 48 meses de experiencia
Técnico en mantenimiento de aeronaves	Secundaria técnica	Mínimo de 48 meses de experiencia documentada
Técnico en sistemas de hélices de aeronaves	Secundaria técnica	Mínimo de 60 meses de experiencia en el gremio, o 36 meses en el gremio y 24 en cualquier otro reconocido por el CAMC
Técnico en motores de explosión de aeronaves	Secundaria técnica	Diploma en mantenimiento de aeronaves; mínimo de 48 meses de experiencia
Técnico en simuladores de aeronaves	Secundaria técnica	4 años de experiencia o 2 años de experiencia con título de ingeniería industrial, aviónica o programa de electro-tecnología
Técnico en estructuras de aeronaves	Secundaria técnica	36 meses de entrenamiento
Inspector de mantenimiento de aviación	Secundaria técnica	5 años de experiencia o 1 año de experiencia y licencia de ingeniero en mantenimiento de aviación
Técnico en componentes eléctricos/electrónicos/instrumentales de aviación	Secundaria técnica	3 años de experiencia o 24 meses de experiencia con diploma en mantenimiento de aviónica
Maquinista de aviación	Secundaria técnica	Buena condición física, coordinación, destreza y habilidades matemáticas. 60 meses de experiencia documentada
Técnico en componentes mecánicos de aviación	Secundaria técnica	36 meses de experiencia
Técnico en inspección no destructiva de aviación	Secundaria técnica	Acreditación de cursos de entrenamiento especializados; examen de la Junta Canadiense de Estándares Generales aprobado
Pintor de aviación	Secundaria técnica	Buena condición física, destreza y coordinación; 5000 horas o 3 años de experiencia

Ocupación	Nivel mínimo de educación formal requerido	Otros requisitos
Técnico en procesos especiales de aviación	Secundaria técnica	Mínimo de 2 años de experiencia y de 6 meses en cualquier área de especialización
Técnico en soldadura de aviación	Preparatoria	Buena condición física; mínimo de 60 meses de experiencia o 24 meses de experiencia con certificado emitido por alguna provincia
Técnico en mantenimiento de aviónica	Secundaria técnica	Mínimo de 48 meses de experiencia
Ensamblador de estructuras	Secundaria técnica	Mínimo de 24 meses de experiencia
Ensamblador mecánico de aeronaves	Secundaria técnica	Mínimo de 24 meses de experiencia
Ensamblador eléctrico/electrónico	Secundaria técnica	Mínimo de 24 meses de experiencia
Fabricante de compuestos	Secundaria técnica	Mínimo de 24 meses de experiencia
Abastecedores de combustible a aeronaves	Secundaria técnica	1 año de experiencia, licencia como operador de equipo pesado, entrenamiento en seguridad y control de fuegos
Auxiliar de servicios de aviación en tierra	Secundaria técnica	1 año de experiencia para especialistas nivel 1 y 2 años para especialistas nivel 2; licencia como operador de equipo pesado, entrenamiento en seguridad y control de fuegos
Especialista en materiales aeroespaciales	Secundaria técnica	1 año de experiencia para especialistas nivel 1 y 2 años para especialistas nivel 2
Gerente de mantenimiento	Secundaria técnica	De 30 a 72 meses de experiencia dependiendo del nivel gerencial
Licencia de ingeniería en mantenimiento de aeronaves	Secundaria técnica	Mayoría de edad, entrenamiento certificado, de 18 a 24 meses de experiencia
Ingeniería aeronáutica y aeroespacial	Carrera de ingeniería	De 3 a 4 años de experiencia supervisada, examen práctico profesional aprobado
Técnico en control de calidad	Secundaria técnica	Licencia de ingeniería en mantenimiento de aeronaves, certificado de mantenimiento e inspección, habilidades para dibujo técnico
Técnico en revisión de componentes dinámicos de helicópteros	Secundaria técnica	Acreditación de programas de técnico en componentes de helicópteros y mantenimiento de aviación.
Almacenista de herramientas de aviación	Secundaria técnica	Habilidad con computadoras y teléfono

FUENTE: Catálogo de ocupaciones de aviación y aeronáutica del Consejo Canadiense de Mantenimiento de la Aviación

10.6. Lista de ocupaciones en el sector aeroespacial (Estados Unidos)

La siguiente tabla reporta las principales ocupaciones de los trabajadores del sector aeroespacial de EEUU, y el número y porcentaje de empleados en cada ocupación en 1998.

Ilustración 14: Ocupaciones en el sector aeroespacial de EEUU, 2008

Ocupación	No. de empleados en 2008, '000	% sobre total	Cambio esperado 2008-18, %
Gerencia, negocios y ocupaciones de tipo financiero	**81.0**	**16.1**	**0.2**
Gerentes generales y de operaciones	4.6	0.9	-11.3
Gerentes de producción	4.4	0.9	-2.8
Gerentes de ingeniería	7.7	1.5	-2.8
Gerentes de compras	10.7	2.1	6.9
Personal de logística	6.1	1.2	6.9
Analistas corporativos	8.6	1.7	-2.8
Ocupaciones de ciencias matemáticas y computación	**31.9**	**6.3**	**5.1**
Ingenieros en computación	21.0	4.2	8.4
Ocupaciones de arquitectura e ingeniería	**110.4**	**21.9**	**2.7**
Ingenieros	89.5	17.8	3.8
Ocupaciones de oficina y apoyo administrativo	**37.2**	**7.4**	**-6.2**
Empleados de planeación y producción	7.9	1.6	-2.8
Empleados de envíos y recibos	5.8	1.2	-12.5
Asistentes administrativos y secretarias	7.4	1.5	-5.2
Ocupaciones de instalación, mantenimiento y reparación	37.2	8.7	-1.5
Técnicos en aviónica	7.9	1.3	-2.6
Mecánicos de aeronaves y técnicos de servicio	5.8	4.7	-2.8
Trabajadores para la instalación, mantenimiento y reparación de maquinaria industrial	7.4	1.4	4.5
Ocupaciones de producción	**168.7**	**33.5**	**-1.3**
Supervisores/gerentes de producción y operarios	10.8	2.1	-2.8
Ensambladores de estructuras, superficies, y sistemas de aeronaves	39.9	7.9	8.4
Ensambladores (equipo)	8.8	1.7	-0.7
Operadores de herramientas de máquinas controladas por computadora (plástico y metal)	8.0	1.6	-2.5
Ajustadores y operadores de máquinas de corte	11.5	2.3	-15.3
Maquinistas	19.8	3.9	-2.8
Inspectores y evaluadores	18.1	3.6	-2.8
Total	**503.9**	**100%**	**-0.3%**

FUENTE: "Developing a 21st Century Aerospace Workforce", BLS National Employment Matrix, 2008-18