



FOMIX  
QUERÉTARO

# Ciencia, Tecnología e innovación en Querétaro Casos exitosos



SECRETARÍA  
DE EDUCACIÓN



Boletín electrónico Núm. 6 Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro

## *Posgrado Interinstitucional Maestría en Ingeniería Aeroespacial.*

**FOMIX QRO-2010-C01-145979**



[Un cielo de oportunidades]



SECRETARÍA  
DE EDUCACIÓN



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**

#### PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE QUERÉTARO

Lic. José Eduardo Calzada Rovirosa  
GOBERNADOR CONSTITUCIONAL

Dr. Fernando de la Isla Herrera  
SECRETARIO DE EDUCACIÓN

#### CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL ESTADO DE QUERÉTARO

Ing. Ángel Ramírez Vázquez  
DIRECTOR GENERAL

Lic. Mauricio Palomino Hernández  
SECRETARIO

D.G. Alicia Arriaga Ramírez  
Ing. Marivel Zea Ortiz  
DISEÑO Y DIFUSIÓN

Redacción y corrección de estilo  
Ramón Martínez de Velasco

Julio de 2013

Boletín Electrónico Núm. 6

**Ciencia, tecnología e innovación en Querétaro. Casos Exitosos**  
*Posgrado Interinstitucional Maestría en Ingeniería Aeroespacial.*  
FOMIX QRO-2010-C01-145979

Universidad Aeronáutica en Querétaro (UNAQ).

***Agradecemos el apoyo de la Universidad Aeronáutica en Querétaro  
por su aportación en el contenido de éste boletín.***

#### CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Dr. Enrique Cabrera Mendoza  
DIRECTOR GENERAL

Dr. Elías Micha Zaga  
DIRECTOR ADJUNTO DE DESARROLLO REGIONAL

Mtro. Hugo Nicolás Pérez González  
DIRECTOR REGIONAL CENTRO

Lic. Gabriela I. Bermejo Chávez  
SUBDIRECTORA REGIONAL CENTRO-NORTE



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN



GOBIERNO DE SOLUCIONES

### Fondo Mixto Conacyt – Gobierno del Estado de Querétaro

El Fondo Mixto (FOMIX) que suscriben el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) y el Gobierno del Estado de Querétaro, fue creado en el año 2002 y tiene como objetivo administrar los recursos financieros que integran dicho fideicomiso a efecto que se destinen a fomentar y canalizar apoyos a la investigación, innovación y desarrollo tecnológico de interés para el estado de Querétaro.

Los recursos del FOMIX se destinan a proyectos científicos, tecnológicos y de innovación interinstitucionales, multidisciplinarios, con impacto social, vinculados con el sector productivo y con usuario final identificado.

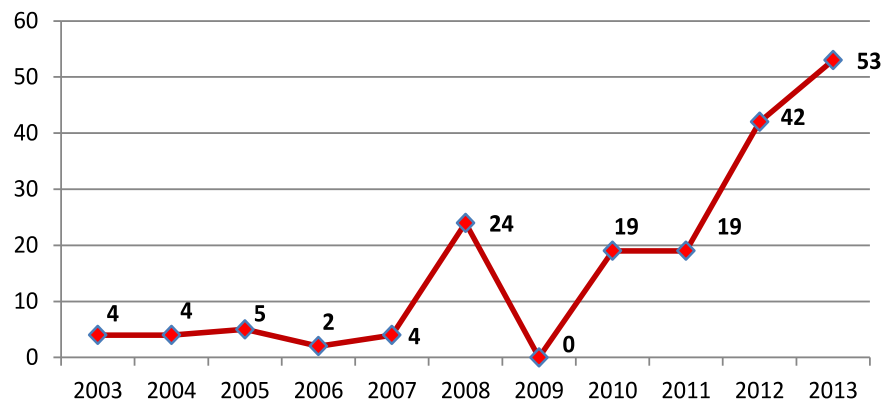


La revista electrónica que se presenta tiene como finalidad atender un aspecto importante del Fondo, que es el de promover la difusión y divulgación de los resultados alcanzados por los proyectos que fueron apoyados.

Esperamos que la serie de revistas electrónicas que se elaboran con el apoyo del FOMIX-Querétaro contribuya a consolidar una cultura científica y tecnológica en el estado.

### FOMIX: Recursos financieros invertidos de 2003 a 2013

Millones de pesos



## Contenido

Breve semblanza del Centro de Investigación o Institución de Educación Superior	1
Título del proyecto	2
Antecedentes del desarrollo del proyecto	2
Descripción del proyecto	4
Ingreso al Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Conacyt	10
Fuente(s) de financiamiento	10
Usuario(s) del proyecto	10
Impactos del proyecto	10
Formación de capital humano y/o empleos generados sostenidos	11
Nombre(s) de los investigadores responsables	12



SECRETARÍA  
DE EDUCACIÓN



GOBIERNO DE  
Cerca de Todos  
**SOLUCIONES**

### **Breve semblanza del Centro de Investigación o Institución de Educación Superior**



Ing. Jorge Gutiérrez de Velasco.  
Rector de la UNAQ.

La Universidad Nacional Aeronáutica en Querétaro (UNAQ) fue constituida para proveer conocimiento especializado al sector. Su misión es la de formar profesionales e investigadores para el sector aeronáutico y aeroespacial, con valores, conocimientos, competencias y reconocimiento nacional e internacional, basado en un modelo educativo abierto, flexible, pertinente y estrechamente vinculado con el desarrollo social y económico de México.

Con base en lo anterior, promueve que los mexicanos tengan acceso a más fuentes de empleo y mejor remuneradas.

De acuerdo con el *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012* y con el *Plan Querétaro 2010-2015* en la UNAQ se busca aprovechar esta oportunidad única para situar a nuestro país en un lugar estratégico dentro del desarrollo de conocimiento y tecnología en este sector prioritario. Uno de los puntos clave para alcanzar ese posicionamiento es el desarrollo de conocimiento y la aplicación efectiva de éste en los procesos productivos y económicos.

De ahí que la visión de la Universidad contempla el que los mexicanos sean parte activa en los procesos de conocimientos enfocados hacia la generación de riqueza, pero con un sentido ético y de responsabilidad social, sea dentro de organizaciones gubernamentales, no gubernamentales o privadas.

Una estrategia para alcanzar sendos objetivos ha sido la apertura del Posgrado en Ingeniería Aeroespacial, a fin de generar capital humano con habilidades técnicas, visión de negocios y conciencia social, y elevar el nivel de vida de nuestra sociedad.

En materia de infraestructura, la UNAQ cuenta con equipo único en su tipo en México, similar al que actualmente emplea la industria aeroespacial:

- Una nave industrial.
- Once talleres para maquinados, materiales compuestos, ensambles eléctricos, ensambles estructurales, pintura y conformado.
- Tres aviones-laboratorio para la formación de los profesionales.
- Edificios y espacios académicos, con 45 aulas.
- Dos bibliotecas y laboratorios de cómputo, inglés, física, química y simulación.

Dicha infraestructura está certificada por la Dirección General de Aeronáutica Civil (máxima autoridad gubernamental en el sector aeronáutico en México) para operar en condiciones de seguridad

física, por tratarse de la única Institución de Educación Superior autorizada en nuestro país como Centro de Formación, Capacitación y Adiestramiento.

Anualmente se adquiere, renueva y se da mantenimiento mayor a equipo de oficina, laboratorios, maquinaria y equipo para la investigación aeroespacial, en general. También se dispone de servicios de información y documentación, e instalaciones culturales y deportivas.

**Título del proyecto** *Posgrado Interinstitucional Maestría en Ingeniería Aeroespacial.*

**Antecedentes del desarrollo del proyecto**

La industria aeronáutica en México se encuentra en franco crecimiento debido a que desde el gobierno federal se observa en este rubro un polo estratégico para el desarrollo nacional, y de ahí los esfuerzos para atraer inversiones en esta área.

En este contexto el Gobierno del estado de Querétaro apoyó la creación de la UNAQ, que se ha distinguido por su velocidad de respuesta y su flexibilidad para ofrecer soluciones tanto en educación como en entrenamiento especializado en el sector aeronáutico.

Empresas e industrias como Turborreactores, Bombardier y Safran Messier Services, así como los gobiernos de Canadá y Francia, han mostrado un gran interés para formar recursos humanos en México y generar un polo de desarrollo dedicado al sector aeronáutico de alto nivel, específicamente en el estado de Querétaro.



Para consolidar este proyecto era necesario contar con una institución capaz de formar personal altamente especializado, maestros en ciencias y doctores con una visión de negocio global que sepan interactuar con investigadores y compañías del ramo.

Actualmente la UNAQ ha establecido convenios o acuerdos de colaboración con instituciones de reconocido prestigio nacional e internacional. A nivel internacional, por ejemplo, con la Universidad Politécnica de Madrid (España), la Universidad de Paul Sabatier (Toulouse, Francia) y la Universidad Notre Dame (Estados Unidos).

A nivel nacional, con el Centro de Investigación y Desarrollo Industrial (CIDESI), el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ), el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), el Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (CFATA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) campus Juriquilla, el Instituto Tecnológico de Querétaro (ITQ), la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), además de la Red de Innovación e Investigación Aeroespacial del Estado de Querétaro (RIIAQ) que aglutina a 11 instituciones nacionales.

Tales convenios o acuerdos de colaboración han brindado grandes oportunidades y beneficios a la UNAQ. Por ejemplo, conocimiento de tecnologías de punta (Toulouse), o una estrecha vinculación con la continua innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías y materiales de vanguardia (Airbus, mediante la Universidad Politécnica de Madrid), cuestiones que contribuirán de modo relevante al desarrollo económico y social de nuestro país.

Con base en estos antecedentes, se ha abierto la necesidad de crear entidades que integren a instituciones nacionales e internacionales a fin de formar grupos de trabajo multidisciplinarios interesados en realizar trabajo académico y generar conocimiento enfocado hacia los sectores aeronáutico y espacial, así como desarrollar y aplicar nuevas tecnologías que tengan un efecto directo sobre el sector productivo, el cual, a su vez, genere oportunidades de empleos de alto valor.

En este contexto, la Maestría en Ingeniería Aeroespacial se ha planteado como objetivo satisfacer las necesidades que sobre capacitación de alta especialización requiere la industria del sector aeronáutico local.

Cabe aclarar que ni esta maestría, ni posteriormente el doctorado, intentan sustituir a los posgrados existentes en

nuestro país, sino complementar el quehacer de las Instituciones de Educación Superior (IES) y Centros de Investigación al respecto, a través de las cuatro especialidades que la UNAQ ofrece: Procesos de Manufactura, Diseño de Aeronaves, Estructuras Aéreas y Sistemas de Propulsión.

### **Descripción del proyecto**

Como ya se ha mencionado, uno de los retos de mayor relevancia para el desarrollo de la industria aeronáutica y aeroespacial en México es la formación de capital humano altamente especializado, con habilidades y capacidades propias, por la cual los especialistas del sector cuenten con las herramientas suficientes para competir en mercados nacionales e internacionales y hacer del sector aeronáutico-espacial un eje estratégico de desarrollo para nuestro país.

En respuesta a este reto de competitividad y de un entorno cada vez más exigente, se crea el programa de Maestría en Ingeniería Aeroespacial en la UNAQ, auspiciado por organismos como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) y el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ), con el compromiso de implementar una cultura de mejora continua en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La Maestría en Ingeniería Aeroespacial y sus líneas de especialización se crearon de acuerdo a las necesidades del sector aeroespacial, y en ese sentido se trata de un programa de posgrado único en su tipo en México.



Las cuatro especialidades que ofrece, pertinentes a las necesidades actuales, son: Procesos de Manufactura, Diseño de Aeronaves, Estructuras Aéreas, y Sistemas de Propulsión. Asimismo se incluye un ciclo propedéutico donde se homologa y actualiza el conocimiento del estudiante, además de incrementar sus oportunidades para terminar exitosamente dentro del tiempo programado.

El programa de estudios consta de dos cuatrimestres de tronco común, dos más enfocados hacia una línea de especialidad, para finalizar con dos cuatrimestres para la realización del trabajo de tesis. Durante este tiempo se provee a los estudiantes de conocimientos, herramientas, habilidades y destrezas necesarias para el desarrollo de procesos multidisciplinarios en el ámbito aeroespacial, enfocados hacia la solución de problemas que requieren innovación tecnológica en los procesos de Manufactura, Diseño, Estructuras y Propulsión, dentro del sector aeroespacial.



El sistema de estudios que se oferta es por créditos y cada estudiante puede tomar el número de materias que más le convenga. En ese sentido, es adecuado e ideal para profesionistas que trabajan.

El programa también se apega al Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos (SATCA) de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), con el cual se regula el reconocimiento académico y se promueve la movilidad entre las instituciones, ya que la mayoría de los estudiantes que participan en el programa son profesionistas que se encuentran inmersos en el medio



aeroespacial, con un alto grado de actualización, especialización y práctica.

La Maestría en Ingeniería Aeroespacial es 100 % presencial, aun cuando también se ofertan asignaturas de manera semipresencial, a fin de contar también con especialistas en el sector aeroespacial que impartan asignaturas en esta modalidad. Debe subrayarse que algunos planes y programas de estudio están sujetos a esquemas de revisión y actualización debido al dinamismo y desarrollo del sector aeroespacial mexicano e internacional. De este modo se adoptan las nuevas tendencias en educación y se contribuye al fortalecimiento de las capacidades tecnológicas y de innovación de la industria aeroespacial nacional, y por ende, a incrementar su competitividad y productividad.

Sin duda, la Maestría en Ingeniería Aeroespacial está incentivando la vinculación de la industria en proyectos estratégicos que faciliten la innovación en áreas tecnológicas de futuro, con proyección económica y comercial. En ese sentido, impulsa la realización de proyectos de investigación con la industria tendientes a incrementar la capacidad científico-tecnológica de ésta, tanto con la UNAQ como con los Centros de Investigación de la región.



Así, el cuerpo académico y de investigación de la Maestría en Ingeniería Aeroespacial trabaja en conjunto con la industria en la identificación de necesidades de conocimiento y desarrollos tecnológicos e innovación, tanto para el contenido curricular del programa como para los proyectos de investigación industrial o trabajos terminales de los estudiantes, a cuyas actividades se da seguimiento para asegurar la conclusión exitosa de sus trabajo de tesis.

Lo anterior proporciona al egresado una formación sólida y amplia en campos especializados de la ingeniería y la tecnología aeroespacial, donde habrá de crear, diseñar, innovar, modificar o mejorar y aplicar el conocimiento científico y tecnológico adquirido a los procesos, productos y servicios que demande el sector aeronáutico y aeroespacial.

Como parte del esfuerzo para formar capital humano y cubrir la demanda del sector con personal especializado, la UNAQ ha diseñado algunos programas de capacitación básicos, intermedios y avanzados en áreas estratégicas:

- Procesos de Manufactura (materiales compuestos y aleaciones especiales).
- Maquinados y Procesos Especiales (maquinado por

- chorro de agua, maquinado láser, electroerosionado).
- Análisis de Estructuras.
- Análisis Termodinámico de Turbomáquinas.
- Ensayos No Destructivos.

Mediante estos programas se busca lo siguiente:

- Cubrir la falta de capital humano con experiencia en tecnología aeroespacial y a nivel gerencial.
- Incorporar tecnología a procesos de manufactura.
- Promover actividades de investigación y desarrollo tecnológico vinculadas a la industria aeronáutica.
- Involucrar a otras Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación en el fortalecimiento de las capacidades básicas, específicas y gerenciales con que deben contar los mexicanos para ser competitivos dentro del sector aeroespacial.

Con respecto a la tesis o trabajo terminal de los estudiantes, se considera la realización de proyectos de investigación industrial que atiendan desafíos, resuelvan problemas e incrementen la capacidad científico-tecnológica y de innovación de la industria vinculada con la UNAQ en rubros como Proyectos de Investigación Industrial, de Desarrollo Experimental, de Transferencia de Conocimientos y/o Tecnología, y de Estudios de Factibilidad Tecnológica.

Actualmente se negocian esquemas de co-titulación y movilidad para estudiantes, investigadores y profesores para cursar algunos de los créditos del plan de estudios y para el desarrollo de proyectos de investigación e innovación, para fortalecer la colaboración en investigación, desarrollo tecnológico e innovación entre los diferentes agentes del sistema ciencia-tecnología-industria del sector aeroespacial, y elevar la calidad de la maestría.

La UNAQ cuenta con personal académico conformado por doctores, maestros en ciencias y especialistas en aeronáutica de tiempo completo y parcial. También con grupos de investigación (en expansión) que mantienen canales de relación con empresas e instituciones. Los profesores e investigadores están involucrados en actividades de docencia, producción, consultoría, y en distintos proyectos de servicio institucional, e interactúan intensamente con docentes de otras instituciones.

Profesores e investigadores desarrollan cuatro líneas de generación y aplicación del conocimiento:

- 1) Procesos.- Se lleva a cabo investigación y desarrollo tecnológico en el campo de los procesos de manufactura de los vehículos aeronáuticos, sus impactos en seguridad y medio ambiente.
- 2) Diseño.- Orientada hacia temas de investigación relacionados con diseño de sistemas y componentes, control automático, materiales avanzados, manufactura por medio del uso de herramientas analíticas, modelación matemática, diseño de prototipos de prueba, y simulación computacional.
- 3) Estructuras.- Enfocada a la investigación de materiales compuestos, aleaciones metálicas especiales y polímeros de ingeniería en el ramo aeroespacial, optimización del diseño de estructuras mediante el análisis aerodinámico-estructural, mecánica de vibración, análisis termodinámico de turbomáquinas, y durabilidad.
- 4) Propulsión.- En esta línea confluyen temas relacionados con desarrollo tecnológico en las áreas de tecnologías limpias, procesos térmicos, termo-fluidos, energías renovables, uso eficiente de energía, e ingeniería energética.



En cada una de estas líneas se hace uso intensivo de herramientas analíticas, experimentales y de modelamiento matemático, para abordar los problemas que se estudian, típicamente de naturaleza multidisciplinaria.

Con esta y otras iniciativas la Maestría en Ingeniería Aeroespacial continuará promoviendo el que muchos mexicanos tengan acceso a más fuentes de empleo y mejor remuneradas, y que ellos mismos generen conocimiento y riqueza.



Sintetizando, el *Posgrado Interinstitucional Maestría en Ingeniería Aeroespacial* engloba lo siguiente:

**Demandas específicas.-** Apoyar el fortalecimiento de programas de posgrado en áreas estratégicas de Ingeniería que ofrecen las IES públicas en el estado de Querétaro.



**Objetivo general.-** La Maestría en Ingeniería Aeroespacial está diseñada para satisfacer las necesidades actuales y anticiparse a las necesidades futuras de las empresas locales. Para ello forma recursos humanos capaces de realizar tareas académicas, de ingeniería, desarrollo de tecnología e investigación.

**Resultados esperados.-** Formar maestros en ciencias; publicar artículos y libros de texto; participar en foros nacionales e internacionales; actualizar y capacitar al cuerpo docente; desarrollar aplicaciones novedosas para solucionar problemas en el sector productivo; trabajar con instituciones nacionales e internacionales.



**Objetivos específicos.-** Crear y consolidar un Posgrado Interinstitucional en Ingeniería Aeronáutica; otorgar reconocimiento nacional e internacional a los egresados, promoviendo su titulación en conjunto con instituciones líderes; generar tesis y proyectos de investigación cortos, tendientes a solucionar problemas específicos; desarrollar planes y programas de estudio en conjunto con el sector productivo, con la asesoría de especialistas en el área.

**Plan de trabajo.-** Para garantizar el éxito del Posgrado Interinstitucional se han considerado ocho actividades, a desarrollarse en un periodo de tres años:

- Desarrollo del plan de estudios en conjunto con las industrias interesadas. (Duración estimada: ocho meses.)
- Preparación de candidatos mediante un curso propedéutico. (Duración: cuatro meses.)
- Preparación y gestión de recursos para iniciar los cuatrimestres posteriores.
- Gestión y firma de convenios para obtener el financiamiento requerido. (Duración estimada: cuatro meses.)
- Registro del programa a través del Consejo Académico y de Calidad y el Consejo Directivo de la UNAQ, hasta su registro en la Dirección General de Profesiones, a fin de expedir títulos de grado académico y cédulas profesionales. (Duración: seis meses.)
- Gestión del modelo de 'calidad educativa' internacional

propuesta por el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Conacyt.

- Gestión para el reconocimiento internacional del programa.
- Creación de nuevas líneas terminales.

***Ingreso al Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Conacyt***

En etapa de evaluación.

***Fuente (s) de financiamiento***

Recursos financieros solicitados a FOMIX: 400,000.00  
Recursos complementarios: 100, 990.00

***Usuario(s) del proyecto***

Ingenieros en áreas relacionadas con los sectores aeroespacial y aeronáutico.

***Impactos del proyecto***

Impacto científico.- A corto plazo se formarán recursos humanos que permitirán realizar con prontitud la transferencia del conocimiento de punta en el sector aeroespacial. A mediano plazo los recursos humanos formarán a nuevos investigadores y tecnólogos en el ramo aeroespacial. De este modo, en un periodo no mayor de 10 años se contará con un grupo de investigación que dé soporte al sector industrial y genere conocimiento que impacte en un mejor nivel de vida en la región.

Impacto tecnológico.- Dado que la Maestría en Ingeniería Aeroespacial se diseña en conjunto con el sector productivo, varias tesis de investigación se enfocarán a resolver problemas específicos del sector. Ello implica un manejo certero de tecnología de punta y la posibilidad de generar tecnología propia, con la consecuente disminución de costos. Asimismo se conformará un grupo de profesores que ofrecerá servicios tecnológicos y de investigación aplicada a mediano plazo (cinco años).

Impacto social.- Con la asimilación de conocimiento y el manejo de tecnología de punta se incrementará el valor agregado del trabajo que lleven a cabo los ingenieros mexicanos. Además, se promoverá la generación de Empresas de Base Tecnológica y, por tanto, se ampliará el número de proveedores, con el consecuente incremento de fuentes de empleo a nivel técnico y de investigación.

Impacto económico.- Considerando que el valor de los productos se basa en su ingeniería, al incrementarse el conocimiento científico de los ingenieros mexicanos se incrementará, de manera natural, el beneficio que de su trabajo se obtiene. Por lo anterior, a mediano plazo se fomentará un acercamiento con los Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico líderes a nivel nacional e internacional, lo que redundará en beneficios para nuestra sociedad.

Impacto ambiental.- Siendo que a nivel mundial adquiere singular importancia el cuidado del medio ambiente, los egresados del posgrado poseerán sólidos conocimientos sobre las respectivas normatividades, y los procesos y productos se diseñarán e implementarán de modo que no impacten negativamente, sino positivamente, en nuestro medio ambiente.

Impacto geográfico.- Estado de Querétaro.

***Formación de capital humano y/o empleos generados sostenidos***

Un proyecto relacionado con el *Posgrado Interinstitucional Maestría en Ingeniería Aeroespacial* es el titulado 'Análisis de NVH', un estudio enfocado a detectar, controlar y disminuir la causa raíz de la generación de ruido de engranes en ejes tractivos. Para tal efecto, además de llevarse a cabo una revisión bibliográfica se hicieron pruebas, caracterización, modelado y simulación de los sistemas de tracción para el modelo Suburban 2000, de General Motors, fabricado por la empresa Ejes Tractivos, S. A. Al final del estudio se obtuvo una aprobación del 100 % de la producción.



A nivel de indicadores, los datos proporcionados por la UNAQ son los siguientes:

- Se han inscrito 50 estudiantes al programa, que ya laboran en el sector aeronáutico.
- Hay transferencia de conocimientos entre los estudiantes del posgrado y la industria.
- Hay vinculación entre estudiantes del posgrado y otras instituciones de nuestro país.
- Más de 20 estudiantes están cursando las especialidades de Procesos, Diseño, Estructuras y Propulsión.
- Proyectos en preparación: cuatro en líneas de generación y aplicación del conocimiento, y ocho de investigación y desarrollo.

*Nombre(s) de los investigadores responsables*

Responsable técnico: **Norma del Carmen Muñoz Madrigal**  
Subdirectora de Posgrado.  
Teléfono: (442)-101-66-00 ext. 6601  
Correo electrónico: [norma.munoz@unaq.edu.mx](mailto:norma.munoz@unaq.edu.mx)



