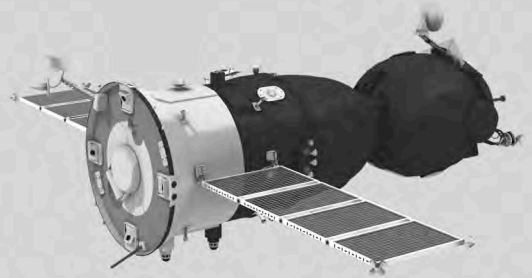




INVESTIGACIÓN ESPACIAL



MARIO MANUEL ARREOLA SANTANDER
FRANCISCO JAVIER MENDIETA JIMÉNEZ
COORDINADORES

00

DESARROLLAR UNA INDUSTRIA
AEROSPAZIAL MEXICANA
COMPETITIVA Y CON RESULTADOS
DE INTERÉS PARA LA SOCIEDAD ➔

MÉXICO 2013

AGENDA CIUDADANA DE CIENCIA,
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

INVESTIGACIÓN ESPACIAL



Agradecimientos:

La *Agenda Ciudadana de Ciencia, Tecnología e Innovación* fue posible gracias al generoso trabajo de miles de personas, a quienes dedicamos la presente serie de libros.

La coordinación general de la *Agenda Ciudadana* agradece a todas las instituciones involucradas en el proyecto; en especial, a las comisiones de Ciencia y Tecnología y de Educación de la LXI y LXII Legislatura de la Cámara de Senadores, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el financiamiento otorgado, y a la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM por el trabajo editorial realizado.

Asimismo, los editores de esta serie de libros agradecemos el apoyo que otorgaron los siguientes especialistas al revisar y dar su opinión sobre los contenidos: Luis Aboites Aguilar, Francisco Alba Hernández, Pablo Álvarez Watkins, Rodolfo Corona Vázquez, Arturo Curiel Ballesteros, Manuel Gil Antón, María de Ibarrola Nicolín, Francisco A. Larqué Saavedra, Polioptro Martínez Austria, Blanca Emma Mendoza Ortega, Pablo Mulás del Pozo, Guillermina Natera Rey, Julio Everardo Sotelo Morales.

Los coordinadores de este libro agradecen a Carlos Roberto de Jesús Duarte Muñoz, Jorge Antonio Sánchez Gómez y Bereniz Abril Castañeda Talavera, colaboradores de la Agencia Espacial Mexicana, por el apoyo brindado para la adquisición y organización de la información, así como para la revisión de los textos y la elaboración de tablas, gráficas y figuras.

Coordinación general: José Franco

Coordinación editorial: Rosanela Álvarez

Asistente editorial: Paula Buzo Zarzosa

Corrección de textos: Marcia Villanueva y Héctor Siever

Diseño y formación: Miguel Marín y Elizabeth García

Investigación Espacial

Primera edición, 2013.

D. R. © Academia Mexicana de Ciencias, A. C.
Casa Tlalpan, km 23.5 de la Carretera Federal México-Cuernavaca s/n,
Col. San Andrés Totoltepec, Del. Tlalpan, C. P. 14400, México, D. F.

ISBN 978-607-95166-9-7

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

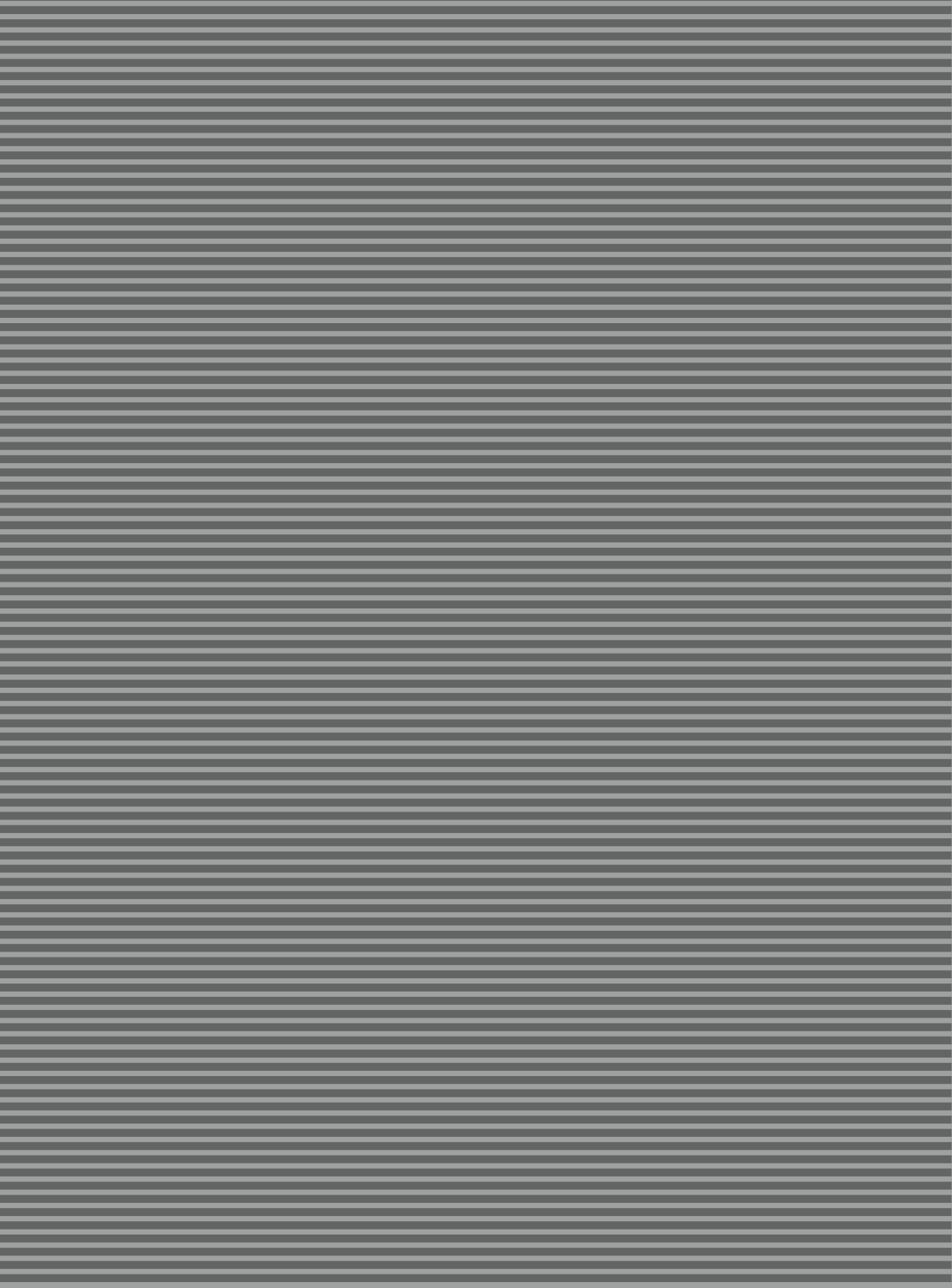
INVESTIGACIÓN ESPACIAL

COORDINADORES

MARIO MANUEL ARREOLA SANTANDER
FRANCISCO JAVIER MENDIETA JIMÉNEZ

AGENCIA ESPACIAL MEXICANA





CONTENIDO

7

PRESENTACIÓN

11

PRÓLOGO

13

RESUMEN EJECUTIVO

23

CAPÍTULO 1
DIAGNÓSTICO

27

CAPÍTULO 2
LA INDUSTRIA ESPACIAL EN MÉXICO

35

CAPÍTULO 3
EL ESPACIO Y LAS NECESIDADES SOCIALES DE MÉXICO

39

CAPÍTULO 4
PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

49

CAPÍTULO 5
PROPUESTAS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

51

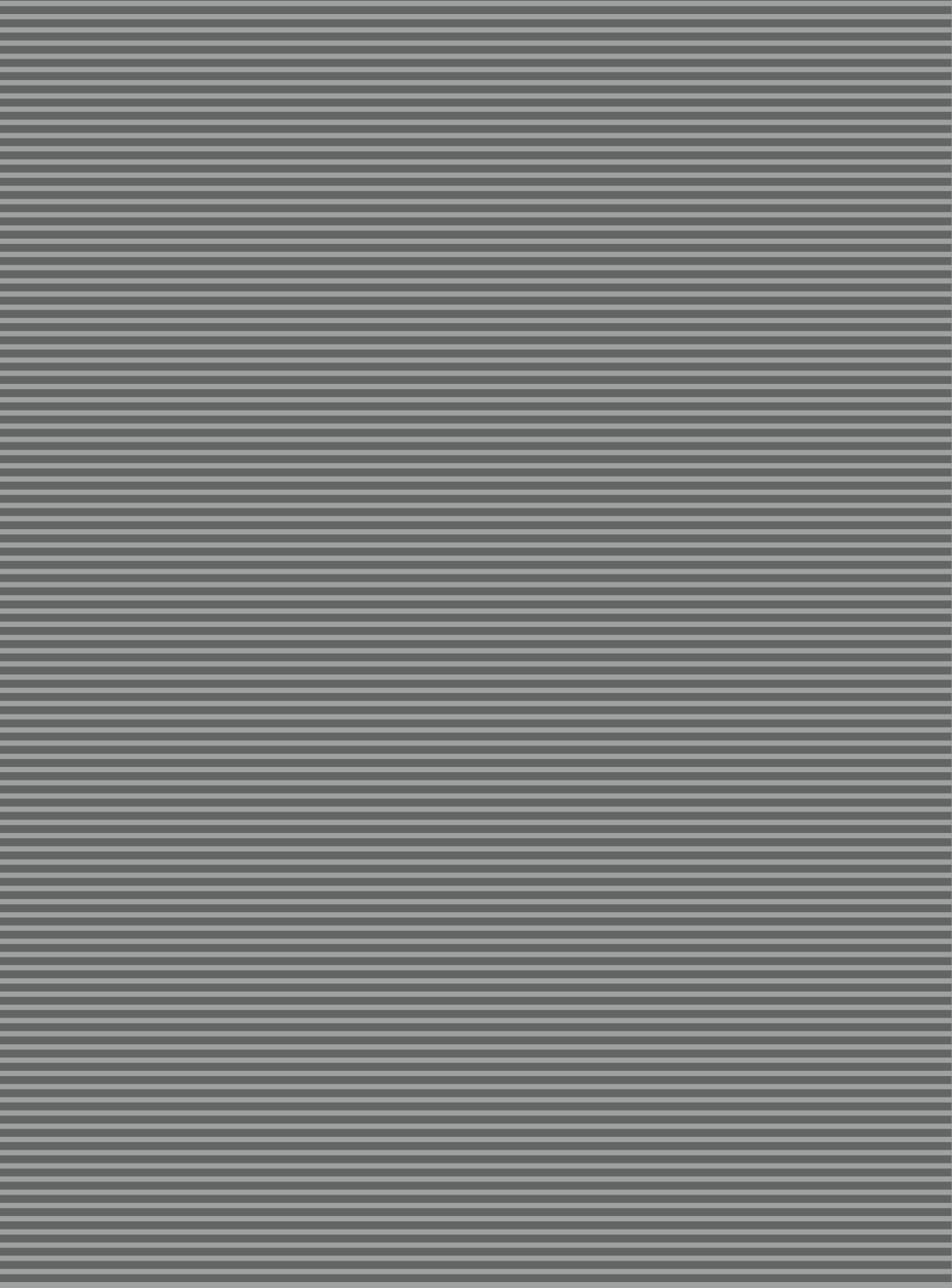
CAPÍTULO 6
ESTIMADO PRESUPUESTAL

53

CONCLUSIÓN

55

BIBLIOGRAFÍA



PRESENTACIÓN

La construcción de una sociedad democrática y con desarrollo sustentable requiere que ciencia, tecnología e innovación formen parte medular de la agenda nacional y que la ciudadanía conozca los avances en la generación y aplicación del conocimiento. Para lograrlo, es necesario ubicar estos conocimientos como parte de la cultura y como un instrumento imprescindible en la toma de decisiones y en la construcción de políticas públicas, especialmente aquellas encaminadas a combatir los grandes problemas nacionales, incluyendo a la desigualdad social y la pobreza.

La *Agenda Ciudadana de Ciencia, Tecnología e Innovación* ha sido un ejercicio de participación ciudadana y comunicación de la ciencia que, además de elevar la cultura científica, busca conocer la opinión de la población sobre los principales retos que enfrenta el país y ante los cuales ciencia, tecnología e innovación pueden y deben actuar. Es la primera consulta de este tipo que se realiza en México.

Esta iniciativa explora nuevas formas de diálogo entre científicos, ciudadanía y tomadores de decisiones y representa un avance significativo en el camino que México emprende hacia una sociedad basada en el conocimiento.

La *Agenda Ciudadana* constituye una búsqueda hacia la reflexión conjunta con la sociedad y la posibilidad de que ésta se vincule y establezca una nueva relación con la política nacional y las instituciones. La participación de más de 200 instituciones públicas y de la sociedad civil, así como de más de 70 medios de comunicación, permitió que este proyecto acercara el trabajo de los investigadores a la sociedad.

La selección de los temas de la consulta se hizo considerando el amplio abanico de problemas y necesidades de nuestro país y tomando en consideración las capacidades ya existentes, tanto humanas como de infraestructura. La lista inicial de temas era muy extensa. Sin embargo, se seleccionaron diez retos que incluyen problemas que están en la agenda global. Éstos son:

- **Agua.** Asegurar el abasto de agua potable para toda la población.
- **Cambio climático.** Desarrollar la capacidad de prevención y adaptación a los efectos del cambio climático.

- **Educación.** Modernizar el sistema educativo con enfoque humanístico, científico y tecnológico.
- **Energía.** Contar con un sistema de energía limpio, sustentable, eficiente y de bajo costo.
- **Investigación espacial.** Desarrollar una industria aeroespacial mexicana competitiva y con resultados de interés para la sociedad.
- **Medio ambiente.** Recuperar y conservar el medio ambiente para mejorar nuestra calidad de vida.
- **Migración.** Construir una sociedad informada sobre la diversidad migratoria y sensibilizada con los derechos de los migrantes.
- **Salud mental y adicciones.** Integrar la atención de la salud mental y adicciones a la salud pública.
- **Salud pública.** Conformar un sistema integral de salud de alta calidad para toda la población.
- **Seguridad alimentaria.** Lograr un campo más productivo y alcanzar la seguridad alimentaria.

Seis de los temas elegidos para la *Agenda Ciudadana* son relevantes a nivel global y coinciden con los tópicos recientemente definidos como prioritarios por la Red Mundial de Academias de Ciencias (IAP) en su asamblea general, realizada en marzo de 2013 en Río de Janeiro, Brasil. Estos temas son: agua, cambio climático, medio ambiente, ciencias de la educación, energía, salud y seguridad alimentaria. Lo anterior significa que, más allá de su importancia nacional, los retos seleccionados forman parte de las preocupaciones a nivel mundial.

En la primera consulta realizada en nuestro país participaron más de 150 000 personas, en el periodo del 7 de noviembre de 2012 al 30 de enero de 2013. Este ejercicio se realizó a nivel nacional, lo que permitió obtener un sondeo en las 32 entidades de la República Mexicana.

Como parte de las reflexiones generadas durante este ejercicio, se creó una serie de diez libros que examinan y proponen posibles soluciones a los problemas planteados. La elaboración de los títulos estuvo a cargo de equipos conformados por expertos en cada uno de los temas y fueron revisados por especialistas externos a los equipos de autores, quienes aportaron su valiosa opinión sobre los contenidos de los libros.

Cada volumen presenta un resumen ejecutivo donde se identifican los principales aspectos de cada uno de los retos considerados en la *Agenda Ciudadana*. Los autores realizaron un análisis y diagnóstico de la situación actual de los problemas abordados.

Finalmente, se discuten alternativas de solución y propuestas para la construcción de políticas públicas, considerando un estimado presupuestal, con la intención de ofrecer una guía que resulte útil a los tomadores de decisiones encargados de dar solución a los retos de la agenda nacional.

México vive una etapa de transición en la que el fortalecimiento de las capacidades científicas, tecnológicas y de innovación debe jugar un papel decisivo para impulsar la competitividad en todos los sectores, el desarrollo económico y el bienestar de la población. En este tránsito es importante crear canales de diálogo y concertación entre los distintos actores sociales.

La participación ciudadana debe ocupar un lugar destacado en la identificación de las problemáticas que necesitan ser atendidas. La *Agenda Ciudadana* constituye una posibilidad para la apropiación del conocimiento científico por parte de la sociedad, así como el punto de partida para la elaboración de nuevas políticas públicas sobre ciencia, tecnología e innovación en nuestro país. ⊙

Francisco Bolívar Zapata
*Coordinador de Ciencia, Tecnología e Innovación
de la Oficina de la Presidencia*

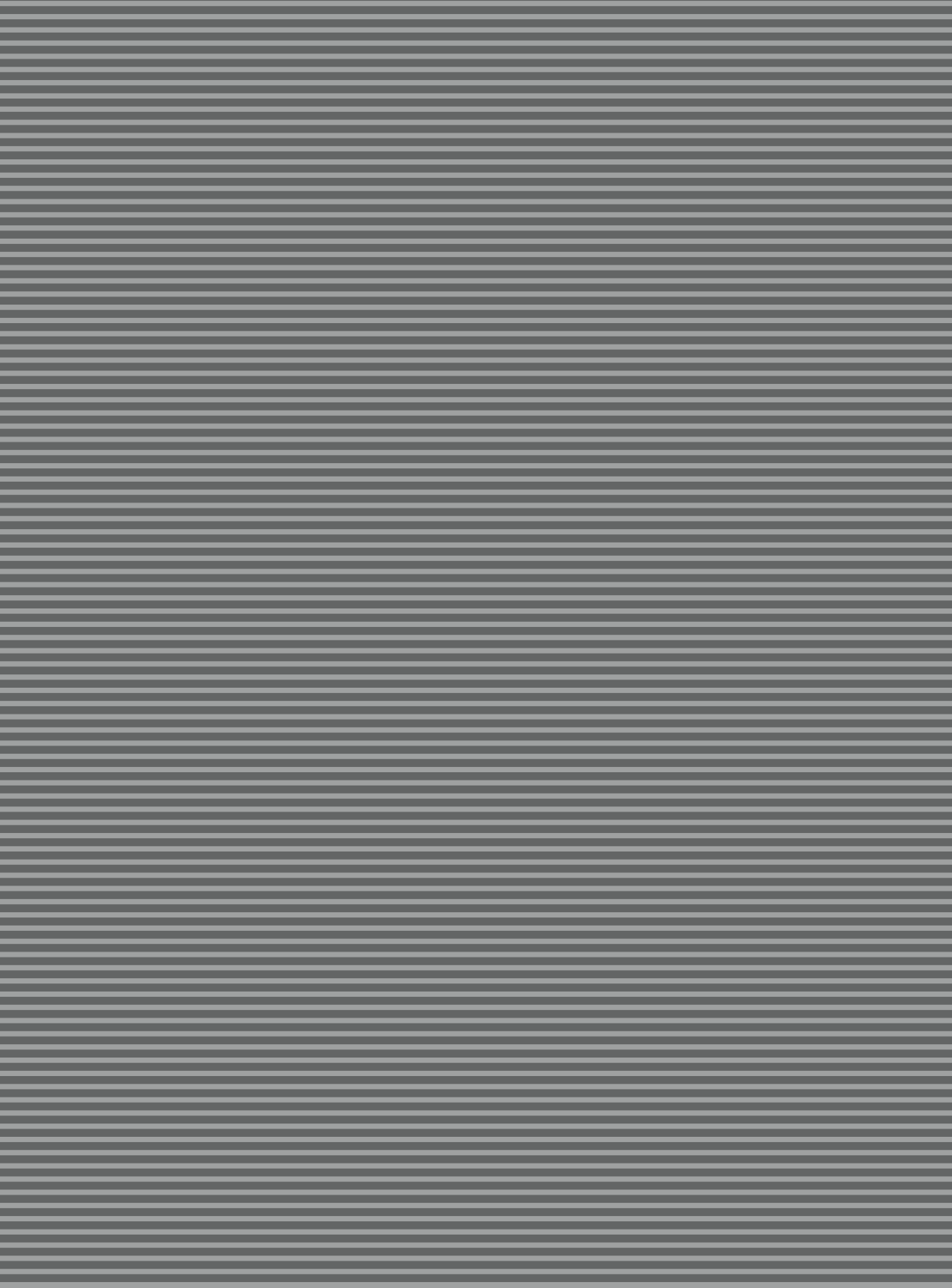
Enrique Cabrero
*Director del Consejo Nacional de Ciencia
y Tecnología (Conacyt)*

Roberto Escalante
*Secretario General de la Unión de Universidades
de América Latina y el Caribe (UDUAL)*

Rubén Félix Hays
*Presidente de la Comisión de Ciencia y Tecnología
de la LXII Legislatura de la Cámara de Diputados*

José Franco
Presidente de la Academia Mexicana de Ciencias (AMC)

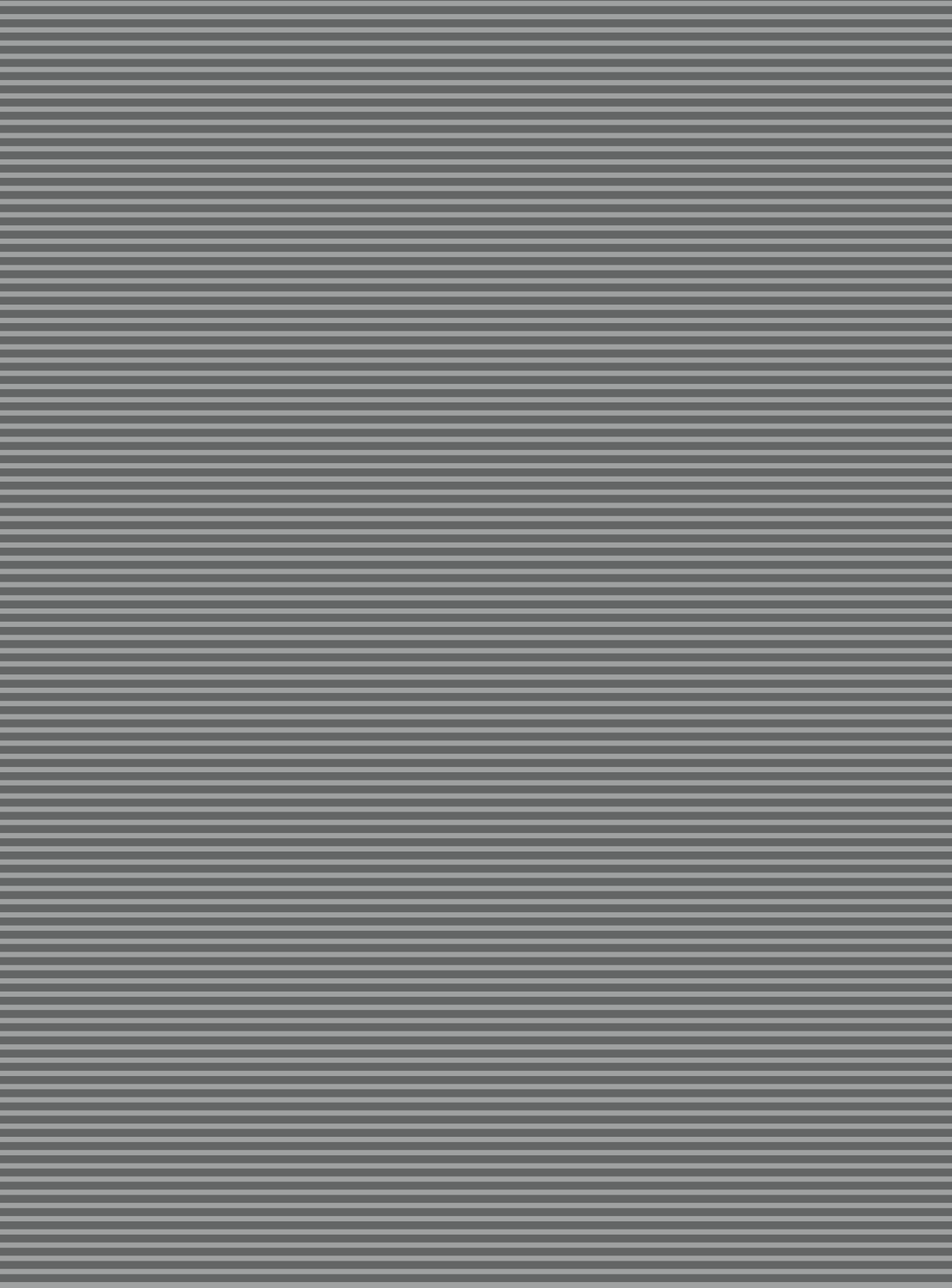
Alejandro Tello
*Presidente de la Comisión de Ciencia y Tecnología
de la LXII Legislatura de la Cámara de Senadores*



PRÓLOGO

La Agenda Ciudadana de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) es una consulta ciudadana, una iniciativa planteada por un grupo de instituciones preocupadas por establecer un canal de comunicación y participación ciudadana para acercar los beneficios de la CTI a la población y tomar su opinión para incorporar al ciudadano común a la toma de decisiones, invitándolo a ir más allá del simple voto para construir democracia, y que esta opinión se traduzca en un mandato sobre la agenda del gobierno en ciencia, tecnología e innovación.

Es así que se definen diez temas que constituyen retos que se podrán afrontar con la participación de la CTI. La investigación espacial es uno de los temas seleccionados por la Agenda Ciudadana como una de las áreas más relevantes para el México de nuestros tiempos. El reto de desarrollar una industria aeroespacial mexicana competitiva y con resultados de interés para la sociedad es considerado de gran relevancia, debido a que, por una parte, se dispone en nuestro país de un amplio conocimiento en asuntos del espacio, desarrollado a lo largo de más de cinco décadas de esfuerzos desplegados por el sector público y la academia al promover actividades de experimentación, acercamiento y acceso al espacio; por otra parte, la industria aeronáutica que forma parte del sector aeroespacial ha tenido un crecimiento acelerado en México durante la última década, constituyendo una robusta plataforma tecnológica e industrial para migrar al espacio y dar atención a las grandes necesidades sociales de nuestro país. Sin embargo, persiste el reto de desarrollar una industria espacial que integre la cadena de valor que va del diseño y manufactura hasta la explotación y comercialización de los sistemas espaciales de manera competitiva en el contexto global de la economía del espacio, una economía basada en la transformación del conocimiento en riqueza, generación de empleos, seguridad y bienestar para la población. ☉



RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento contribuye al planteamiento integral de una Agenda Ciudadana de Ciencia y Tecnología e incorpora el reto de desarrollar una industria espacial en el país; describe algunos conceptos relevantes sobre el espacio para entender el alcance de la actividad espacial en la que México se ha propuesto participar, y presenta una relación de hechos sobre las incursiones de nuestro país en el espacio.

Desde los albores de la era espacial en los años cincuenta del siglo pasado hasta nuestros días, se lleva al lector en un recorrido histórico por los inicios y las instituciones (SCT, 1959) que dieron vida y sustento a los proyectos y sistemas de cohetes lanzadores (*SCT-1* y *SCT-2*), la Comisión México-Estados Unidos para Observaciones en el Espacio, la Estación Rastreadora de Guaymas, la Comisión Nacional del Espacio Exterior (Conee), que en 1962 promovió la construcción de cohetes con un techo de 120 km y la transmisión de los Juegos Olímpicos de 1968 con el consorcio Intelsat, formando cuadros especializados y realizando la construcción de la estación terrena de Tulancingo, Hidalgo. La Conee desaparece en la década de los setenta del siglo xx.

En 1985, la participación directa de México en el satélite *Morelos 1* dio lugar a la primera generación de satélites mexicanos y al Complejo Nacional de Telecomunicaciones (Contel) en Iztapalapa, D. F.; el satélite *Morelos 2*, también lanzado en 1985 por el transbordador *Atlantis* con el primer astronauta mexicano a bordo, permitió tener una cobertura de todo el territorio nacional y partes de América Latina. La UNAM desarrolló un paquete de experimentos (NASA-GAS-Can), pero su lanzamiento fue pospuesto por el accidente del *Challenger* en 1986; la Estación Espacial Internacional desplazó a GAS-Can. La UNAM, con el Grupo Interdisciplinario de Actividades Espaciales (GIAE) y luego el Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE), construyó dos satélites: el primero se destruyó accidentalmente durante su lanzamiento y el segundo se lanzó exitosamente; el *UNAMSAT-b* se comunicó durante algún tiempo desde el espacio, el PUIDE es cancelado un poco después.

La segunda generación, con los satélites *Solidaridad 1* en 1993 y *Solidaridad 2* en 1994, produjo, conjuntamente con el Instituto Mexicano de Comunicaciones, la Comisión Federal de Telecomunicaciones (Cofetel) y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), el desarrollo del proyecto *SATEX 1*.

Con la creación de la empresa Satélites Mexicanos, S.A. de C.V. (SatMex), México entró en la tercera generación de satélites al reemplazar el *Morelos 2* y el *Solidaridad 1* con el lanzamiento de el *SatMex V*, en 1998, y el *SatMex VI*, en 2006.

No sería sino hasta 2010 cuando México realizaría un salto trascendente en su posicionamiento en el espacio. En ese año se publica, en el *Diario Oficial de la Federación*, la Ley que crea la Agencia Espacial Mexicana y se decide la adquisición de los satélites *Bicentenario*, *Centenario* y *Morelos 3*, cuya misión de cobertura social y seguridad nacional marca la pauta de la cuarta generación de satélites mexicanos y muestra la intención del gobierno mexicano de emplear el espacio para apoyar la atención a la seguridad nacional, la protección civil y proporcionar servicios de telefonía, educación y acceso prioritario a las comunidades rurales.

La evolución de la tecnología espacial satelital y de acceso al espacio da lugar al desarrollo de satélites pequeños, en los que México participa a través del sector académico, apoyado por recursos propios y por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt).

De manera paralela, en México se emplea la capacidad instalada en satélites extranjeros para fines de difundir TV restringida, radio, telefonía, geolocalización e internet satelital, entre otros servicios.

Es importante señalar que México ha desplegado una gran actividad en la investigación científica del espacio, que se realizan proyectos de colaboración para estudios del Sol, del clima espacial y de la atmósfera con instituciones internacionales y que se tienen contratados servicios para la obtención de imágenes satelitales

de nuestro territorio.

Por otra parte, con la finalidad de establecer un patrón de referencia se presentan cifras sobre la economía global del espacio, la cual alcanzó un total de 289 000 millones de dólares, y se identifican los sectores principales que la constituyen expresados en cifras de ingresos al año 2011.

Es claro que, desde los inicios de la era espacial, la industria espacial mexicana ha recibido impulsos intermitentes que han dejado experiencias valiosas, pero no suficientes, para reducir la dependencia tecnológica, convirtiéndola en una industria compradora neta de sistemas *llave en mano*, comercializadora de equipos y concesionaria en la venta de capacidad satelital de transpondedores,¹ para la integración de redes públicas de telecomunicaciones, servicios satelitales de TV, radio, internet, enlaces móviles, incluyendo proveeduría, procesamiento e interpretación de imágenes del territorio, los servicios de geolocalización de bienes y el rastreo de vehículos y personas.

En lo que se refiere a las necesidades sociales de México y su atención por medio de sistemas espaciales, se encuentra en primer término la prevención y atención a desastres, seguida de la sustentabilidad ambiental, la seguridad nacional, el acceso a la información y la conectividad con comunidades alejadas y con un mercado creciente de banda ancha.

Las propuestas de solución para el reto de desarrollar una industria espacial de gran impacto se conforman con las estrategias del Programa Nacional de Actividades Espaciales en sus cinco ejes, con

¹ Dispositivos para telecomunicaciones que realizan la función de recepción, amplificación o reemisión en una banda distinta de una señal.

los cinco hitos estratégicos y sus entregables, con la creación de una infraestructura espacial mexicana como columna vertebral de los proyectos que dan atención a las necesidades nacionales, en el marco de un ecosistema de innovación que privilegia e incentiva el trabajo colaborativo.

Para la realización de estas acciones se proponen cuatro políticas públicas a través de las cuales se reconoce el ámbito del sector, se alinean los participantes, se incentiva la innovación y se incorporan nuevas formas jurídicas de asociación mercantil.

Conceptos generales del espacio

En esta sección se incluyen diversos conceptos que son importantes para entender el contexto general de este documento.

Ciencia y tecnología espacial

Las ciencias espaciales y la tecnología espacial, hoy, están íntimamente relacionadas. Por una parte, las ciencias espaciales comprenden el estudio del Sol, el medio interplanetario y los entornos ionizados y magnéticos de los planetas y cuerpos menores; así como el estudio de los fenómenos de generación, transporte y disipación de energía, la transferencia de masa, y sus efectos en el entorno tanto terrestre como planetario dentro del espacio dominado por el Sol.

La tecnología espacial incluye el diseño y control de misiones, el desarrollo de los medios para el acceso al espacio (o a la atmósfera superior), así como el diseño y la construcción de equipo de medición y comunicaciones, el uso y mantenimiento de diferentes sistemas (vitales, energía, experimentación, etc.) durante la estancia

en el espacio y durante el retorno de personas o equipo a la Tierra, en su caso, o en el envío de misiones a otros destinos del Sistema Solar. Los usos y aplicaciones de la tecnología espacial han probado ser múltiples y diversos (investigación, percepción remota, telecomunicaciones, meteorología, desarrollos electrónicos y mecánicos, farmacéuticos, seguridad nacional, entretenimiento, navegación, etc.).

La ciencia y la tecnología espacial están muy ligadas a varios campos del conocimiento, como la astrofísica, la astronomía, la biología, la física de plasmas, la física y química atmosférica, la geofísica, las ingenierías, la medicina, la administración y otros.

Dentro de su repertorio de técnicas de obtención de datos se encuentran:

- Mediciones en el espacio y la alta atmósfera mediante el uso de vehículos espaciales, cohetes y globos sonda.
- Mediciones con diversos instrumentos sobre la superficie de la Tierra.
- El uso de diversos instrumentos, como telescopios, radiotelescopios, etc., para observar el espacio desde la Tierra; así como satélites de percepción remota y otros, como la Estación Espacial Internacional para la observación de la Tierra desde el espacio.
- Estudios analíticos, así como simulaciones por computadora.

Infraestructura espacial

Es el conjunto de bienes tangibles e intangibles necesarios para el estudio, acceso, exploración, uso y aprovechamiento del espacio.

Figura 1. Reseña histórica de actividades espaciales

1944 Inician en México investigaciones de física espacial	1957 Año Geofísico Internacional	1960 Se lanza el cohete <i>Tonatiuh</i>	1962 Se crea el Depto. de Espacio Exterior en el Instituto de Geofísica de la UNAM	1967 Se lanza el primero de la serie Milt	1975 Se lanza el segundo de la serie Milt	1985 Se lanza el <i>Morelos 1</i> , desde Cabo Cañaveral a través del transbordador <i>Discovery</i>	1993 Se lanza el <i>Solidaridad 1</i> , a bordo de un Ariane desde la Guyana Francesa
1955 Constitución del SOMEI (Sociedad Mexicana de Estudios Interplanetarios)	1959 México conforma junto con 23 países la Comisión sobre la utilización del espacio ultraterrestre	1961 UNAM imparte la carrera de derecho aéreo	1966 México se convierte en miembro de INTELSAT	1968 Se construye la primera estación terrena, <i>Tulancingo I</i> , la antena más grande del mundo	1979 Se inician los procedimientos para adquirir posiciones orbitales geoestacionarias	1989 Se crea Telecomm, que se convierte en el operador del Sistema Satelital <i>Morelos</i>	

- Los bienes tangibles incluyen cohetes propulsores, plataformas y sistemas de lanzamiento, vehículos suborbitales, satélites, sondas y otras naves espaciales; su instrumentación, cargas útiles, estaciones maestras, telepuertos, antenas receptoras, terminales de usuario y otros dispositivos de enlace y control; instrumentos de medición, detectores de partículas cósmicas, así como observatorios, planetarios, institutos y centros de investigación, universidades y escuelas, con sus respectivos laboratorios e infraestructura, bibliotecas especializadas, museos, etcétera.
- Los bienes intangibles comprenden posiciones orbitales y sus frecuencias asociadas, leyes, reglamentos, tecno-

logías, patentes, licencias, concesiones, marcas, “saber hacer”, entre otros; así como profesores, investigadores y profesionales del ramo; redes de conocimiento, asociaciones y sociedades de profesionales, divulgadores, aficionados, entusiastas, etcétera.

Cultura del conocimiento del espacio

Es importante impulsar la comprensión de la actividad científica y tecnológica desarrollada para acceder al espacio, la apreciación del conocimiento que este campo produce, sus diferentes expresiones culturales tangibles e intangibles, y los beneficios sociales y económicos que las aplicaciones del espacio generan para la población.


1997 Se pide a Hughes la construcción del <i>Morelos 2R</i> (Renombrado <i>SatMex V</i>)	2004 La UNAM colabora en una investigación que buscará vida en la superficie marciana	2008 1ª Reunión de trabajo de COMEA (Consejo Mexicano de Educación Aeroespacial)	2011 Se dan a conocer las Líneas Generales de la Política Espacial de México Inicia operaciones la Agencia Espacial Mexicana	
1995 Representantes de la NASA colocan la primera piedra del Laboratorio de Tecnología Espacial	2001 Comienza la construcción del satélite <i>SatMex VI</i>	2007 Se aprueba presupuesto para la creación del Centro de Alta Tecnología de la UNAM	2010 Se expide la Ley que crea la Agencia Espacial Mexicana	

Figura 2. Paquete de experimentos mexicanos en el Centro de Ingeniería Espacial de la Universidad de Utah, EUA en 1985

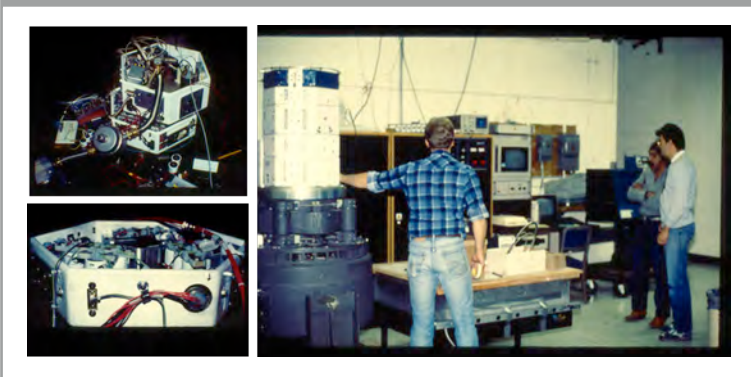


Tabla 1. Características de los satélites

Nombre	Peso	Costo	Ejemplos
Femtosatélite	1-100 g	\$100-20	<i>PCBSat</i>
Picosatélite	0.1-1 kg	\$20-200 K	<i>PalmSat</i>
Nanosatélite	1-10 kg	\$0.2-2 M	<i>CubeSat</i>
Microsatélite	10-100 kg	\$2-10 M	<i>PICOSat</i>
Minisatélite	100-500 kg	\$10-50 M	<i>UK-DMC</i>
Satélite mediano	500-1 000 kg	\$50-100 M	<i>GIOVE-A</i>
Satélite	>1 000 kg	\$0.1-2 MM	<i>Inmarsat</i>

GNSS: Sistema Global de Navegación por Satélite.
GPS: Sistema Global de Navegación.

Historia de México en el espacio

La interacción de México con el espacio se remonta a sus raíces prehispánicas; a lo largo de la historia se han presenciado distintos eventos que han dado a México una personalidad en el contexto espacial (figura 1).

Inicios

Corría el año de 1944 cuando el Dr. Manuel Sandoval Vallarta inicia investigaciones en el tema de física espacial en el Instituto de Física de la UNAM.

Los primeros esfuerzos en México por desarrollar tecnología espacial datan de 1957. Tras el lanzamiento del *Sputnik* y el establecimiento del Año Geofísico Internacional se desató una serie de iniciativas que buscaban explotar este nicho. En ese año el entonces subsecretario de Comunicaciones y Obras Públicas dirigió un proyecto de estudio y desarrollo de la cohertería en el país.

Las primeras iniciativas buscaban explorar la atmósfera y estudiar la interacción de sus fenómenos. Profesores de la Escuela de Física de la Universidad de San Luis Potosí provocaron lluvia con cohetes de combustible sólido que estallaban en las nubes. Posteriormente se diseñaron y lanzaron cohetes (con fines académicos) para el estudio de la radiación cósmica en la alta atmósfera.

En 1959 un grupo perteneciente a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) se dio a la tarea de diseñar y construir cohetes a partir de un modelo alemán, usando como propulsor combustible líquido. El cohete *SCT-1* alcanzó una altura de 4 000 metros. Un año después, en octubre de 1960, el *SCT-2* llegó a una altura de 25 000 metros.

En los años sesenta del siglo XX se dio un avance importante en el país: en 1960, México firmó un convenio con Estados Unidos de América (EUA), dando lugar a la Comisión México-Estados Unidos para Observaciones en el Espacio. Lo anterior fue el antecedente para que en 1961 se estableciera una estación rastreadora en Guaymas, Sonora, empleada para dar seguimiento a los vuelos espaciales *Mercury* y *Gemini*.

Dichos acontecimientos anteriores denotaron un marco de referencia para despertar en el sector gubernamental cierto interés de interacción con el espacio, creándose por decreto presidencial la Comisión Nacional del Espacio Exterior (Conee) en el año de 1962. En ese mismo año se crea el Departamento de Espacio Exterior del Instituto de Geofísica de la UNAM.

A partir de la Conee se desarrollaron trabajos importantes en dos áreas, principalmente: lanzadores y telecomunicaciones. El principal logro en la primera es la construcción de cohetes que alcanzaron 120 km de altura, mientras que en la segunda se logró la transmisión de los Juegos Olímpicos de 1968 vía un satélite del consorcio Intelsat. Cabe destacar que ambos proyectos permitieron la formación de cuadros especializados e infraestructura física (estación terrena en Tulancingo, Hidalgo) para insertarse en las actividades que se desarrollaban de manera inicial en el mundo.

Sin embargo, a mediados de los años setenta del siglo pasado se finiquita el apoyo a los proyectos espaciales de generación de tecnología propia.

Primera generación. Los satélites Morelos

Pasarían casi 10 años hasta que, en 1980 se decidió adquirir un sistema de dos

satélites para comunicaciones, llamado *Morelos*, que comprendió transferencia tecnológica en la capacitación de los operadores y la instalación del centro de control de satélites en el complejo Contel de la SCT en Iztapalapa, D. F. El lanzamiento del segundo satélite *Morelos* incluyó espacio para un paquete de experimentos a realizarse dentro de la cabina del transbordador *Atlantis*, activados y supervisados por el primer astronauta mexicano. Aprovechando la oportunidad, un grupo de académicos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) consiguió presupuesto de la SCT y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) para trasladarse al Centro de Ingeniería Espacial de la Universidad Estatal de Utah, en EUA, donde diseñaron y construyeron un paquete de experimentos de física y materiales de mayores proporciones y alcance, bajo los parámetros del programa GAS-Can de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) (figura 2). Este paquete se colocaría en un contenedor cilíndrico, montado en un espacio libre dentro de la bahía de carga del transbordador, y sería autónomo. El paquete se envió a Cabo Kennedy para su colocación en vuelo inmediato posterior al del *Challenger STS 51-L*, pero se vio impedido de ser subido a bordo por el retraso que ocasionó el accidente y la pérdida del transbordador el 28 de enero de 1986. Al reanudarse los vuelos al espacio, casi tres años después, en septiembre de 1988 se habían acumulado tal cantidad de proyectos que se produjo una lista de espera de varios años. Finalmente se canceló el programa GAS-Can y se dio prioridad a la construcción de la Estación Espacial Internacional.

Simultáneamente, en la UNAM se puso en marcha el Grupo Interdisciplinario de

Actividades Espaciales (GIAE), liderado por la Dra. Ruth Gall, quien formara parte del Consejo Consultivo de la desaparecida Conee. La formalidad y avances de este grupo anteceden la formación, en la década de 1990, del Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE), que logra construir un par de satélites experimentales. El primero se destruyó por una falla del cohete al iniciar el viaje que lo pondría en órbita. El segundo, el *UNAMSAT-b*, sí logró entrar en órbita y enviar datos durante algunas semanas. No obstante, las condiciones extremas del espacio afectaron sus sistemas y lo silenciaron. El PUIDE sería cancelado poco tiempo después.

Segunda generación. Los satélites Solidaridad

Al término de su vida útil los satélites *Morelos 1* y *2* fueron reemplazados por los *Solidaridad*. La puesta en operación de este sistema generó una importante transferencia tecnológica para México; varios especialistas mexicanos contribuyeron en las especificaciones y los diseños de subsistemas, y la empresa fabricante patrocinó la formación académica de algunos maestros en ciencias.

Durante los noventa del siglo XX, con el apoyo del Instituto Mexicano de Comunicaciones (IMC), la Comisión Federal de Telecomunicaciones (Cofetel) y el Conacyt, se inició un proyecto multiinstitucional para el desarrollo de un satélite: el *SATEX 1*. Dicho proyecto incorporó a 11 instituciones educativas e integró el trabajo de más de 70 investigadores (en las labores de desarrollo y pruebas funcionales); sin embargo, debido a insuficiencia presupuestal el proyecto no concluyó conforme a lo establecido. No obstante, dejó un legado de

experiencia y aprendizaje en el capital humano, así como diferentes subensambles en sus instituciones de origen, quedando como otra prueba adicional de la capacidad de generación de tecnología compleja por instituciones educativas y otro intento académico más por llegar al espacio ya no en solitario, como en el caso del *UNAMSAT*, que sigue siendo el único desarrollo tecnológico hecho por mexicanos que ha viajado al espacio.

Tercera generación. Los satélites SatMex

Posteriormente se creó la empresa SatMex para la operación del sistema, misma que se privatizó, y actualmente opera el sistema de satélites *SatMex* en remplazo de los *Solidaridad*.

SatMex también es el nombre de la empresa actualmente concesionaria del sistema satelital mexicano, que provee servicios de telecomunicaciones a todo el continente mediante el sistema del mismo nombre, y que cuenta con tres satélites: *Solidaridad 2*, *SatMex V* y *VI*.

Cuarta generación. Los satélites MexSat

Al inicio de esta década, en 2010, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes anunció la adquisición de tres satélites para integrar el nuevo sistema *MexSat*, mismos que inicialmente recibieron los nombres genéricos de *MexSat I*, *II* y *III*, y que posteriormente se renombraron como *Bicentenario*, *Centenario* y *Morelos 3*, respectivamente; éstos serían empleados para apoyar a la seguridad nacional y ampliar los enlaces de comunicación satelital en el país, participando con empresas del sector privado para el impulso del sector de las telecomunicaciones. El primero, *Bicentenario*, se lanzó desde la Guyana Francesa por la empresa ArianeS-

pace, el 19 de diciembre de 2012. El segundo, de nombre *Centenario*, será lanzado por International Launch Services (ILS) desde Kazajistán, entre finales de 2013 y principios de 2014. En lo que respecta al tercer satélite (*Morelos 3*), su lanzamiento está siendo definido. Estos satélites serán de suma utilidad para integrar a diversas entidades en un sistema de seguridad nacional mediante una plataforma de comunicaciones satelitales robusta y con cobertura en todo el territorio y el mar territorial.

Telecomunicaciones de México (Telecomm), el operador de telecomunicaciones del gobierno federal, opera el nuevo sistema *MexSat*. El centro primario de control del sistema *MexSat* se ubica en Iztapalapa, D. F.

El satélite *SatMex VIII* se lanzó en el mes de marzo de 2013, por un cohete Proton, desde el cosmódromo de Baikonur, una vez resuelta la falla del motor de apogeo que lo mantuvo en espera varios meses.

Nuevo paradigma. Los satélites pequeños

En los años sesenta del siglo XX, el costo por subir objetos al espacio ascendía a cientos de millones de dólares; ahora, con los nuevos paradigmas de satélites más compactos, unas decenas de miles de dólares permiten poner en órbita baja varios nanosatélites. Las comunicaciones, principalmente internet, han permitido al ciudadano común participar en una diversidad de actividades de múltiples orígenes relacionadas con el espacio.

Sociedad civil

La apertura del espacio ha permitido que ciudadanos independientes tengan acceso al desarrollo y diseño de proyectos

espaciales. Ejemplos hay diversos, como el caso de un ingeniero mexicano que ha contribuido al diseño de los motores de las ruedas y las llantas del *Rover Curiosity*, un laboratorio científico robótico que explora ahora el suelo marciano, y que con estudiantes del CETMAR en Altata, Sinaloa, y el apoyo de industriales de la zona, lanzó un paquete de experimentos educativos de observación espacial, mediante un globo sonda meteorológico que alcanzó una altura de 36 km. Otro ejemplo es el Colectivo Espacial Mexicano, formado por 11 artistas que armaron un nanosatélite cuya misión es transmitir sus piezas musicales desde el espacio, para lo cual será enviado a una órbita baja en 2013; asimismo, un diputado de la actual Legislatura financiará la puesta en órbita de un nanosatélite de divulgación en 2013.

Academia

Instituciones educativas como la UNAM, el Instituto Politécnico Nacional (IPN), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), universidades autónomas y privadas; los centros Conacyt, como el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE); otras escuelas de educación media y básica; y dependencias gubernamentales como la Marina Armada de México, la Universidad del Ejército y Fuerza Aérea Mexicana (UDEFA), SCT, Telecom y otras, están presentes en proyectos espaciales mundiales de diferentes dimensiones y alcances.

Satélites extranjeros e internacionales

Observación de la Tierra

En materia de observación de la superficie terrestre, México cuenta con acceso a

imágenes satelitales de percepción remota, producto de diversas constelaciones de satélites. La primera instalación fue la Estación de Recepción México de la constelación Spot (ERMEXS) y ha sido de gran utilidad para el país, tanto para actividades de prospectiva y toma de decisiones que involucren al campo mexicano, como para el apoyo de operaciones de la Secretaría de Marina. La segunda en instalarse fue la Estación para la Recepción de Información Satelital (ERIS), que capta imágenes de los sistemas *Landsat* y *MODIS*. Ésta ha sido utilizada para la prevención y atención de desastres naturales. Finalmente, está en proceso de instalación la tercera estación, denominada Estación Virtual de Imágenes de Muy Alta Resolución (EVISMAR), que permitirá obtener imágenes satelitales con 50 cm de resolución.

Geolocalización

El uso de los satélites de la nube *Global Positioning System* o GPS permite una multiplicidad de aplicaciones, dado que se emplea para obtener coordenadas geográficas, determinar la altura de objetos (como edificios, torres y montañas), o para localizar y recuperar vehículos; se usa en flotillas de autobuses de transporte de pasajeros y de carga y en teléfonos celulares, entre otros.

El advenimiento de sistemas civiles de navegación satelital, como *Galileo* (Europa), *Glonass* (Rusia) o *Compass* (China), impulsará nuevas aplicaciones y generará un mercado mundial muy importante.

Internet vía satélite

Otra aplicación es el acceso a internet vía satélite, con anchos de banda distintos para envío y recepción de paquetes de da-

tos. Este servicio tiene la ventaja de que es posible ubicarlo en cualquier parte del territorio nacional, dado que no tiene limitaciones de infraestructura terrestre; puede ser un servicio fijo, temporal, y muy útil en casos de emergencia; asimismo permite movilidad.

Telefonía satelital

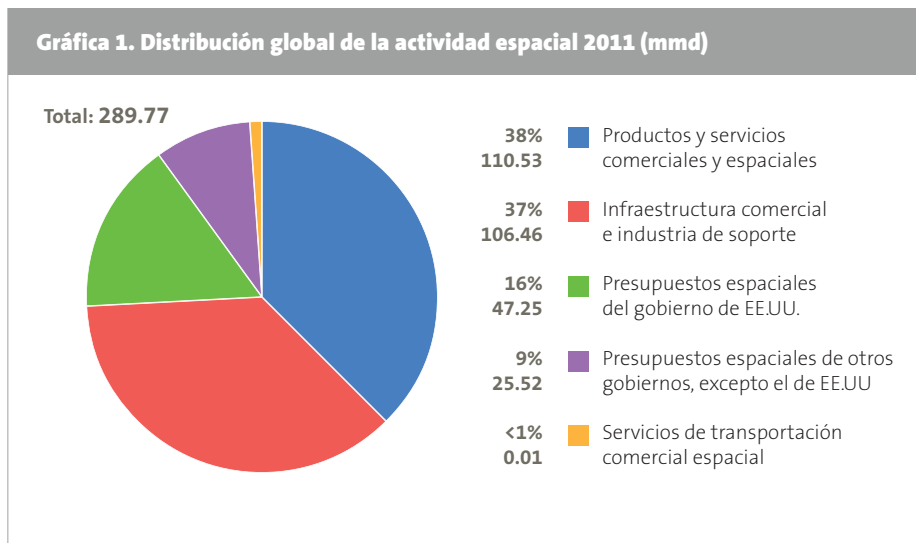
Una aplicación como ésta resulta indispensable y de mucha utilidad para los sitios donde la geografía o la infraestructura comercial dificultan el acceso a los servicios convencionales de telefonía. Las constelaciones de satélites constituyen uno de los prestadores de este servicio. ©

DIAGNÓSTICO MÉXICO EN EL CONTEXTO GLOBAL

Industria espacial: mercado global de la economía del espacio

La economía espacial se ha mantenido en crecimiento durante los últimos seis años, lo cual probablemente responda a la mejora de condiciones en sectores de la amplia economía global (gráfica 1).

En 2011 la economía del sector espacial creció 12%, alcanzando un valor de 289.77 mil millones de dólares. En años pasados este crecimiento ha sido resultado del éxito comercial.



Fuente: Fundación del Espacio, 2012.

El sector con mayor fuerza en la economía espacial en 2011 fue el de infraestructura comercial e industrias de soporte, cuyo crecimiento fue de 22%. Este crecimiento se atribuye a las estaciones terrenas y equipo, incluyendo aparatos de navegación personal.

Por su parte, el segmento de productos y servicios comerciales espaciales se mantuvo como el rubro más extenso del sector. Este segmento incluye las plataformas necesarias para la existencia de servicios y productos espaciales comerciales, como manufactura de naves y plataformas espaciales, equipo terrestre, servicios de lanzamiento, actividades de investigación y desarrollo independientes.

Tabla 2. La economía del espacio se distribuye de la siguiente manera (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2010)

Soluciones satelitales como servicios de valor agregado	57%
Equipamiento y <i>software</i> para el segmento terrestre	31%
Venta de ancho de banda	8%
Manufactura de satélites	2.5%
Lanzamiento de vehículos espaciales	1.5%

La figura 3 ofrece una visión integrada en términos de los tipos de satélites, órbitas y nichos de oportunidad en los que se puede segmentar el mercado global satelital.

Figura 3. Segmentos del mercado satelital global

		Satélite		
		Navegación	Comunicación	Observación de la Tierra
Segmentos macro	5 Segmentos macro	6 Segmentos macro	5 Segmentos macro	
	Gobierno	Consumidor de banda ancha	Oceanografía	
	Carreteras	Comunicación celular	Meteorología	
	Profesional	Redes satelitales	Monitoreo terrestre	
	Consumidor	Distribución de video	Gestión de recursos naturales	
	Transporte	Contribución producción de video	Seguridad y defensa	
		Entretenimiento celular		

		17 Segmentos del mercado	16 Segmentos del mercado	15 Segmentos del mercado
Segmentos del mercado	Defensa	Acceso directo al IP	Pronóstico del tiempo	
	Seguridad pública	Comunicación celular profesional	Profesional	
	Gestión de flotas	Mensajes de rastreo de activos	Zona costera/ingeniería	
	Telemática	Redes satelitales	Transporte	
	Gestión de tráfico	Defensa y seguridad	Servicio al consumidor	
	Científico	Comunicaciones rurales	Cartografía	
	Agricultura/pesca	Telemedicina	Uso de la tierra/cubierta	
	Gestión de activos	Selección contextual de temas (HITS)	Seguridad de la patria/aplicación de la ley	
	Agrimensura	Directo al Hogar (DTH)	Humanitario	
	Diseminación de tiempo y frecuencia	Satellite News Gathering Noticias locales por satélite	Gestión de desastres	
	Buques de entretenimiento	Cine digital	Vigilancia del medio ambiente	
	Aviación general	Negocio de TV	Agricultura	
	Recreación al aire libre	TV educativa	Bosque	
	Sistemas personales basados en localización	Gestión de Contenido	Energía	
	Rutas ferroviarias	Recopilación de noticias por satélite (SNG)		
Aviación comercial	En vuelo			
Marítimo	Transmisión de audio digital (DAB)/ Transmisión de multimedia digital (DMB)	Agua		

A grandes rasgos, el mercado mexicano está compuesto por:

- **Infraestructura espacial:**
 - La inversión gubernamental en los sistemas satelitales *MexSat*.
 - La inversión de la empresa SatMex, concesionaria de los satélites mexicanos, en los satélites *SatMex VI* y *VIII*.
- **Infraestructura terrestre:** las estaciones terrenas y las receptoras de las señales satelitales, tanto del gobierno como privadas.
- **Servicios satelitales:** todos los servicios, incluidos los de comunicaciones, los de percepción remota, GPS y similares.
- **Investigación y desarrollo académico:** todos los esfuerzos de las instituciones educativas y de investigación que tienen proyectos asociados al desarrollo de conocimiento y tecnología espacial.
- **Educación:** las carreras universitarias en ramas afines, particularmente en ingeniería aeroespacial.
- **Divulgación:** todas las actividades que realizan museos, escuelas, instituciones diversas y empresas privadas que involucran una inversión en el tema espacial.
- **Sociedad civil:** se integra por grupos de entusiastas, radioaficionados, asociaciones de la sociedad civil, astrónomos aficionados, participantes de redes te-

máticas e individuos con intereses científicos y tecnológicos espaciales.

La economía de México con respecto a otros países

El contexto global relaciona la economía de los distintos países y delimita una asociación directa con sus desarrollos industriales y el avance científico y tecnológico.

Tras un intenso proceso de recuperación de la crisis de 2009, persiste un sistema financiero global frágil, caracterizado por el aumento de los costos (Foro Económico Mundial, 2012). Las economías que resultaron más afectadas fueron las de “primer mundo”; no obstante, se consideran un área de oportunidad para la estabilidad económica (Europa y Estados Unidos).

Se estima que el crecimiento mundial ascenderá a 3.7% en 2014 (Fondo Monetario Internacional, 2014). En este contexto, cabe destacar que el motor del crecimiento mundial recae en las economías emergentes, que en conjunto se estima crecerán 5.1% en 2014. México pertenece a este sector de economías emergentes, y proyecta un crecimiento de 3% para 2014.

Desde el punto de vista macroeconómico, las necesidades de crecimiento de México para 2014 deberían ser de un mínimo de 3.7%, para estar dentro del promedio mundial; o de hasta 5.1% para estar en el promedio de los países emergentes. Siendo la industria espacial un área de oportunidad para el desarrollo del país, ¿de qué manera podría contribuir a alcanzar dicho crecimiento?

La tabla 3 refleja la ubicación de México con respecto a otros países en distintas escalas de medición:

Foro Económico Mundial (WEF).

Índice de Desarrollo Financiero:

Está basado en los factores, políticas e instituciones que conducen a la intermediación financiera eficaz y a los mercados, así como al acceso completo a los capitales y a los servicios financieros; es decir, refleja la eficiencia del manejo del dinero que pasa por el sistema financiero de un país (Foro Económico Mundial, 2012).

Legatum Institute.

Índice de prosperidad:

Clasifica a los países de acuerdo con su riqueza material y el bienestar personal. Incluye factores como el capital social, la eficacia gubernamental, derechos humanos y libertades, salud, educación, seguridad y calidad de vida (Legatum Institute, 2012).

INSEAD (escuela de negocios) y la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO).

Índice mundial de innovación:

Esta métrica refleja: *a)* la importancia de la innovación como motor del crecimiento económico y la prosperidad, y *b)* la necesidad de adoptar aspectos de la innovación, que puedan aplicarse tanto a las economías desarrolladas como a las economías incipientes (INSEAD-WIPO, 2012). Busca in-

corporar indicadores más detallados que los que miden tradicionalmente la innovación (por ejemplo, el nivel de investigación y desarrollo en un país determinado).

Tabla 3. Clasificación de México en diferentes escalas

Posición global que ocupa México de acuerdo con diversas escalas de medición:

Entidad	Índice	Posición
FMI	Producto Interno Bruto	12
WEF	Desarrollo financiero	43
Legatum Institute	Prosperidad	61
INSEAD-WIPO	Innovación	79

De acuerdo con la información reflejada en los diversos índices de evaluación, México es buen generador de riqueza, no obstante requiere optimizar sus finanzas, orientar esfuerzos hacia la competitividad y el desarrollo de capital humano e integrar la innovación dentro de sus elementos básicos.

Nuestro país requiere de una industria espacial que tenga como premisa desarrollarse con base en la competitividad y el desarrollo humano, y que se finque en la innovación atendiendo las necesidades sociales. ☉

LA INDUSTRIA ESPACIAL EN MÉXICO

Estado que guardan la ciencia, la tecnología y la industria espacial

Astronomía, astrofísica, ciencias espaciales, geofísica

La investigación espacial en México se ha desarrollado en diversos escenarios, principalmente en ciencia académica, con instituciones de reconocido prestigio nacional e internacional, por lo que las actividades en astronomía, astrofísica, ciencias espaciales y geofísica han tenido un acelerado crecimiento en aspectos teóricos y experimentales (Petroni *et al.*, 2010), con información de diferentes plataformas terrestres y espaciales; asimismo, en México se llevan a cabo importantes investigaciones apoyadas en cómputo de alto rendimiento, trabajando en el modelo de redes de procesamiento distribuido.

México cuenta con uno de los cuatro sitios privilegiados en el mundo para observación del espacio: la sierra de San Pedro Mártir en Baja California, lugar donde está instalado el Observatorio Astronómico Nacional. También se encuentra en México el Gran Telescopio Milimétrico, instalado en la Sierra Negra de Puebla. Y en lo que respecta a las ciencias espaciales que se encargan del estudio del Sol, el medio interplanetario y los entornos ionizados y magnéticos de los planetas y cuerpos menores, así como del estudio de los fenómenos de generación, transporte y disipación de energía, la transferencia de masa y sus efectos en los entornos tanto terrestres como planetarios dentro del espacio dominado por el Sol, están, por ejemplo: el Observatorio de Centelleo Interplanetario en Coeneo, Michoacán; los monitores de neutrones en el volcán Sierra Negra, en Puebla, y en Ciudad Universitaria, D. F.; la antena para medir resonancia Schumann, también en Coeneo, Michoacán, y el Observatorio Geomagnético de Teoloyucan, en el Estado de México.

Comunicaciones espaciales

En México se realiza investigación en los campos de las comunicaciones espaciales fijas y móviles, redes satelitales, internet satelital, comunicaciones rurales, telemedicina, instrumentación espacial, comunicaciones en nuevas bandas de frecuencia: ópticas, banda ancha, antenas, satélites pequeños, antenas inteligentes a bordo de satélites, y de segmento terrestre; así como en aspectos económicos de las comunicaciones espaciales y

las potencialidades de los sistemas satelitales en la reducción de la brecha digital.

El Sistema e-México

En el caso de áreas remotas el gobierno brinda comunicaciones satelitales con aplicaciones para educación, salud, internet y telefonía mediante las redes mostradas en la tabla 4.

Tabla 4. Sistema e-México de redes satelitales			
Red	Sitios conectados	Rural	Urbano
Red 23	5 692	65%	35%
11 K*	11 000	92%	8%
10 K*	10 000	99%	1%
Total	26 692		

*En proceso.

Observación del territorio

Actualmente se desarrollan extensos trabajos en el área de percepción remota, cuyo espectro de aplicación es tan amplio que se usa extensamente en las ciencias marítimas y terrestres. En el primer caso se realizan estudios desde grandes escalas hasta microescalas, entre los que destaca la estimación de productividad a partir de factores como: color, temperatura, salinidad, corrientes, oleaje, viento, fenómenos atmosféricos, erosión, contaminación y climatología; en el caso de las ciencias terrestres se desarrollan estudios de meteorología, climatología, geología, geofísica, del medio ambiente y recursos naturales.

Los sistemas utilizan la información espacial de una diversidad de sensores (óptico, infrarrojo, de altimetría, radar de apertura sintética, radiometría, espectrometría, dispersometría, geolocalización de flotadores, entre otros) a bordo de plataformas espaciales para realizar dichos

estudios. También existen sistemas integrados de información, que utilizan las capacidades de supercómputo y de comunicaciones de banda ancha para procesamiento interactivo en tiempo real.

Prevención y atención a desastres

Instituciones mexicanas mantienen programas de investigación científica en temas relacionados con el espacio, de interés directo para la prevención, atención y mitigación de desastres causados por fenómenos naturales y por actividades humanas, tales como terremotos, incendios forestales, huracanes, inundaciones, deslizamientos de tierra, tsunamis, propagación de enfermedades y accidentes.

En general, estas investigaciones están asociadas a la formación de recursos humanos en los niveles de licenciatura, maestría y doctorado.

Monitoreo del territorio nacional

México cuenta con acceso a imágenes satelitales de percepción remota, producto de diversas constelaciones de satélites. Algunos ejemplos son: a) la Estación de Recepción México de la constelación Spot (ERMEXS), que se ha utilizado para actividades de prospectiva, toma de decisiones relacionadas con el campo mexicano y ha servido de apoyo a operaciones de la Secretaría de Marina; b) la Estación para la Recepción de Información Satelital (ERIS), que capta imágenes de *Landsat* y *MODIS*, utilizada en la prevención y atención de desastres naturales, y c) la Estación Virtual de Imágenes de Muy Alta Resolución (EVISMAR), que está en proceso de instalación y permitirá obtener imágenes satelitales de 50 cm de resolución.

Existe un gran interés por establecer una red de monitoreo integral de nuestro

territorio, un sistema de información geográfica integral y unificada, en la que las plataformas espaciales aporten las ventajas de la observación territorial y sus diversas aplicaciones, aprovechando las potencialidades de los sistemas de procesamiento computacional actuales.

La integración de un sistema de alerta temprana basado en información espacial sería de gran interés para México: con la infraestructura espacial y terrestre se mejoraría sustancialmente la disponibilidad de la información, y se fortalecerían y agilizarían las acciones de prevención y mitigación de los efectos en la población de los desastres causados por fenómenos naturales y por actividades humanas; el sistema dependería de las plataformas satelitales para observación del territorio, comunicaciones y localización, y el segmento terrestre correspondiente.

Desarrollo tecnológico e innovación

La figura 4 permite visualizar el contexto del desarrollo tecnológico y la innovación en México. Si bien la ciencia académica mexicana ha estado inspirada más por la búsqueda de conocimiento fundamental

que por las consideraciones de uso (cuadrante de Böhr) (Stokes, 1997; Kealey, 1996), con la investigación y el desarrollo en general, desacoplados del mercado, debe trabajarse en un alineamiento de la ciencia espacial con las estrategias de atención a las necesidades sociales, a modo de transitar hacia esquemas de investigación “orientada al uso” en México.

Asimismo deben impulsarse las actividades de vinculación academia-industria para atender de manera conjunta los retos actuales y futuros en un escenario de crecimiento tecnológico acelerado en el sector, con el mejor modelo de creación de valor, que responda tanto a la demanda de mercado como a la oferta tecnológica, la que evoluciona dinámicamente, incluyendo las diferentes etapas de la cadena de valor en la innovación (figura 5): concepto-propiedad intelectual-capitalización-mercado-empleos-retorno de la inversión. Con esto, además, no sólo se estaría contribuyendo a incrementar la inversión en investigación y desarrollo (I+D), sino que se induciría a un balance cada vez más equilibrado entre gasto público y gasto privado en este sector.

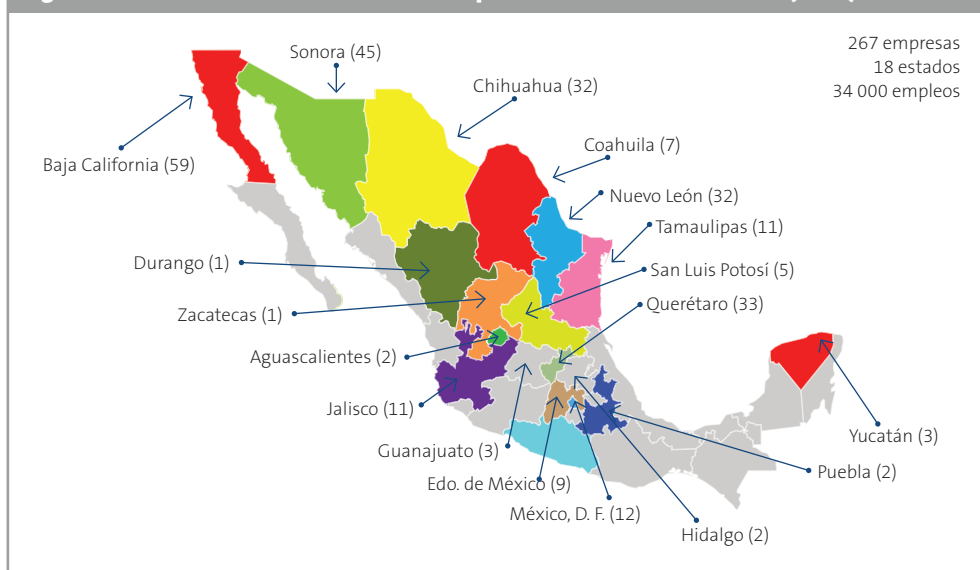


Figura 5. Cadena de valor de la innovación



Fuente: Arizona State University.

Figura 6. Distribución de la industria aeroespacial-aeronáutica en México (2011)



Fuente: Dirección General de Industrias Pesadas y de Alta Tecnología (SE), ProMéxico y FEMIA.

La industria aeronáutica

México es uno de los principales países proveedores de componentes para la industria aeronáutica en el mercado de EUA y también uno de los primeros en inversión extranjera directa en el sector. Los costos de operación, la experiencia en manufactura avanzada, la cercanía con el mercado de EUA, los programas de coinversión y las experiencias con empresas internacionales, así como nuestras fortalezas en las industrias automotriz y eléctrico-electrónica, son un importante habilitador de desarrollo para el sector. México establece su posición en la cadena mundial de suministro por la alta calidad en ingeniería y manufactura, con una base de organizaciones certificadas internacionalmente en estándares de manufactura aeroespacial.

En nuestro país existen al 2013 más de 267 empresas del ramo. Éstas generan más de 34 000 empleos directos en 18 estados (figura 6). En 2012 las exportaciones fueron de 5 428 millones de dólares. Se estima que para 2013 serán de 6 133 mdd, representando un crecimiento de 13% respecto a 2012. Muchas empresas ya presentan importantes avances en investigación y desarrollo tecnológico, propiciados en gran medida por los apoyos del gobierno federal y los gobiernos estatales.

Los planes de crecimiento para 2020, de acuerdo a FEMIA, apuntan a estar dentro de los 10 primeros lugares mundiales, exportar más de 12 000 mdd, tener 110 000 empleos y 50% de la integración nacional en la manufactura.

Habiendo iniciado con funciones de ensamble, algunas empresas presentan importantes avances en integración e incluso en aspectos de diseño, investiga-

ción y desarrollo tecnológico (I+D), y emplean a numerosos profesionales, entre ellos maestros y doctores en ciencias.

Las oportunidades de colaboración entre las empresas del sector y las instituciones académicas de México son amplias y se están desarrollando de una forma intensa, propiciada en gran medida por los fondos que el Conacyt ha establecido para apoyo a las pequeñas, medianas y grandes empresas. Existen ejemplos exitosos de aplicación de estos fondos de I+D en laboratorios aeroespaciales en empresas del sector, lo que ha propiciado una activa interacción de la triple hélice: gobierno-industria-academia. Sólo de esta manera se podrán afrontar los importantes retos de la industria aeroespacial:

- Certificar nacional e internacionalmente a las empresas aeroespaciales.
- Generar los recursos humanos especializados y capacitados para satisfacer las necesidades actuales y futuras de la industria aeroespacial.
- Fortalecer las actividades de I+D e implantarlas en el desarrollo industrial de este sector.
- Atraer inversión extranjera e incrementar la participación en los mercados mundiales del sector.
- Establecer las condiciones necesarias para alcanzar altos niveles de competitividad en la industria aeroespacial.

Es entonces importante impulsar la vinculación industria-gobierno-academia para la generación y adopción de *tecnología*

aeroespacial. Para incursionar en este nuevo sector económico, se han identificado áreas estratégicas: materiales compuestos, maquinado de alta precisión, ingeniería y diseño aeroespacial, sensores, modelado y simulación de sistemas, entre otros.

Si bien predominantemente aeronáutica al principio, se observa una incursión hacia lo espacial, lo que está demandando, primero, más y mejores especialistas, y después, más y mejor tecnología para la competitividad. El Estado debe tener en su estrategia una labor facilitadora, materializada en diversos mecanismos de apoyo, para generar polos de competitividad regionales con la concurrencia de industria, academia y gobierno; con esta estrategia se fortalecería el componente de investigación y desarrollo, se incrementaría la atracción de inversión extranjera y se intensificaría la participación en los mercados mundiales del sector, dando como resultado la generación de fuentes de empleo y carreras de mayor nivel para el sector (Handberg, 1995).

Asimismo, para detonar y experimentar el crecimiento de la industria espacial en México es importante aprovechar el capital humano en la academia, en el gobierno y en la industria; incorporar las experiencias aeronáuticas, y abordar los nichos en el sector.

Uno de los aspectos relevantes para la evolución de la industria aeroespacial en México es el disponer de procesos especiales certificados de acuerdo al Programa de Acreditación Nacional para Contrataciones Aeroespaciales y de Defensa (NADCAP). El establecimiento de Centros de Procesos Especiales NADCAP constituiría un punto focal de investigación y transferencia tecnológica aeroespacial para las diferentes

regiones del país con capacidad aeroespacial. Concebidos con una visión estratégica de largo plazo, donde se involucra a los actores de la triple hélice, además de resolver la necesidad de los grandes fabricantes y Fabricantes de Equipo Original (OEM) establecidos en México, estos centros habilitarían los procesos de vinculación, formación y transferencia tecnológica a las Pymes, para incorporarse a la industria aeroespacial, y proporcionarían oportunidades de investigación y desarrollo tecnológico focalizado en materiales, procesos y productos tecnológicos para articular redes de innovación con alto valor agregado, promoviendo un ecosistema atractivo a desarrolladores, inversionistas, fabricantes, personal especializado y proveedores de servicios.

Agrupaciones industriales y académicas

Existen diversas agrupaciones orientadas a las actividades aeroespaciales en el país.

- 1) FEMIA:** Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial, A.C. (FEMIA®), es una asociación sin fines de lucro, reconocida por el gobierno federal, que agrupa a la mayor parte de las empresas del sector aeroespacial en la República Mexicana. Establecida desde 2007 para unir a todas las empresas nacionales y extranjeras del sector y promover el desarrollo de la industria aeroespacial mexicana, es una entidad con representatividad en el sector que puede ser una gran aliada para los proyectos de desarrollo espacial.
- 2) COMEA:** el Consejo Mexicano de Educación Aeroespacial es un organismo creado por iniciativa de la Secretaría de Economía (SE) e integrado por institu-

ciones educativas de diferentes partes del país que cuentan con carreras relacionadas con el sector aeroespacial, como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), entre otras. Tiene como propósito coordinar sus actividades para evitar duplicidades y fortalecerse entre sí.

- 3) **SOMECYTA:** la Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aeroespacial, A. C., es una sociedad sin fines de lucro, formada por personas del medio académico, del gubernamental, de los sectores industrial y comercial y de la sociedad civil. Tiene el propósito de impulsar la ciencia y la tecnología aeroespacial, buscando contribuir en el desarrollo científico, tecnológico y comercial de este sector en nuestro país.
- 4) **REDCYTE:** la Red de Ciencia y Tecnología Espacial es una red temática del Conacyt, dedicada a promover el desarrollo de la ciencia y la tecnología espacial a través del desarrollo de proyectos en los que participen los sectores privado, académico y social, pertenecientes a la red.
- 5) **ASISAT:** la Asociación de la Industria Satelital Mexicana es una entidad que tiene como objetivo crear y promover estrategias conjuntas que contribuyan al crecimiento de dicha industria en el país.
- 6) **RUE:** Red Universitaria del Espacio. El 11 de octubre de 2010, el rector de la UNAM expide el acuerdo por el que se crea la Red Universitaria del Espacio.

Actualmente mantiene proyectos de investigación básica, observatorios y estaciones terrenas, construcción de satélites pequeños, control satelital, telemedicina, comunicaciones, industria aeroespacial, robótica y experimentos biológicos en el espacio, entre otros temas.

- 7) **CDA:** el Centro de Desarrollo Aeroespacial del Instituto Politécnico Nacional—creado por acuerdo el 27 de abril de 2012 para asesorar y apoyar a la autoridad institucional en el desarrollo de sus funciones vinculadas a la Agencia Espacial Mexicana— opera en cuatro campos básicos: formación de recursos humanos, investigación y desarrollo tecnológico; industrialización e innovación, y vinculación y cooperación.

Empleando la segmentación de mercado que plantea la Fundación del Espacio, la industria espacial satelital se divide en: *servicios satelitales e infraestructura espacial*.

Servicios satelitales

El ingreso de México a los servicios de comunicaciones vía satélite se inicia en 1968 con motivo de la transmisión de los Juegos Olímpicos mediante la instalación de una estación terrena con una antena de 32 metros de diámetro, y se consolida con la adquisición de los sistemas satelitales propios: *Morelos, Solidaridad y SatMex*. Adicionalmente, en el país se suministran otros servicios satelitales a través de compañías que usan aplicaciones para:

- Sistemas de Información Geográfica (SIG) (como geolocalización con tecnología GPS).

- Telecomunicaciones fijas (por ejemplo, PanamSat, GE Americom).
- Telecomunicaciones móviles (como Inmarsat).
- Televisión, radio e internet por satélite.
- Telefonía satelital (Iridium, Globalstar).

El segmento de servicios satelitales está bien identificado. Existe representatividad comercial de los proveedores de servicios de los diferentes satélites que cubren la República y de los que se usan para la recepción y transmisión de señales con el resto del mundo.

Infraestructura espacial

Segmento terrestre

Es indispensable cubrir el tema del diseño, desarrollo e implantación de las aplicaciones informáticas y de terminales satelitales fijas y móviles para aprovechar la capacidad de los nuevos satélites *SatMex*, y así interactuar con el sistema de satélites que será puesto en órbita. Actualmente se está identificando la posible capacidad productiva instalada en el sector. Es en la parte terrestre de recepción-envío de la señal en la que está presente la oportuni-

dad de desarrollo de terminales móviles, estaciones terrenas, estaciones receptoras, y *software* asociado para telecomunicaciones, tanto para los sistemas mexicanos como para todos los que operan en el país.

Diseño de satélites

En cuanto al diseño y la fabricación de dispositivos, sistemas y satélites completos se trabaja en satélites para órbitas bajas, al tiempo que se construyen capacidades para satélites de mayores dimensiones destinados a órbitas geoestacionarias. Actualmente se realiza un proceso de identificación de la capacidad productiva instalada en la materia.

En lo que respecta a los recursos de I+D, se pueden solventar aspectos de diseño y fabricación de prototipos a partir de las universidades y centros de investigación. Algunos, incluso, conocen los estándares de nanosatélites.

El desarrollo del talento para el sector se encuentra principalmente en universidades. No obstante, es indispensable encontrar un balance entre los universitarios que aportan las instituciones y los especialistas técnicos requeridos por la industria. ☉

EL ESPACIO Y LAS NECESIDADES SOCIALES DE MÉXICO

Desde una perspectiva socioeconómica, toda decisión gubernamental orientada hacia: *a)* invertir recursos en el desarrollo de aplicaciones espaciales, y *b)* impulsar al sector privado para que invierta en este rubro, debe basarse en la contribución que el uso del espacio puede aportar en la solución de las necesidades y grandes retos de la sociedad.

Prevención y atención a desastres

Si bien existen en el ámbito internacional plataformas espaciales para la observación de la Tierra a diferentes escalas y en distintas regiones del espectro, el acceso a la información es primeramente de alto costo y su disponibilidad es frecuentemente limitada, sobre todo cuando se requiere en condiciones de urgencia, como en el caso de atención a desastres causados por fenómenos naturales o por actividades humanas. Nuevamente, nuestro país tiene situaciones particulares en el tipo y la diversidad de recursos naturales, y en la vulnerabilidad a desastres, que requieren del uso de plataformas espaciales que cumplan con las características necesarias: las órbitas, las bandas espectrales, la frecuencia de sobrevuelo, la distribución de la infraestructura terrestre, los sistemas de información geográfica que correspondan, etc. Esto constituye entonces un nicho para posibles desarrollos mexicanos en los tipos de instrumentos y sensores para teledetección en tierra, océano y atmósfera de interés para nuestro país, lo que podría realizarse mediante alianzas estratégicas con la comunidad internacional.

Sustentabilidad ambiental

La observación de nuestro planeta y sus recursos naturales es indispensable para entender los procesos y fenómenos que determinan cambios a escalas globales. Los satélites con instrumentos para observar la Tierra son considerados la principal fuente de información para la detección de fenómenos de gran escala y para la observación de procesos que pueden ocasionar cambios en el clima e inclusive desastres. Los productos resultantes representan información con un gran valor agregado y son indispensables en una cantidad importante de aplicaciones sociales, comerciales y científicas. La observación de la Tierra, que, junto con sus ecosistemas, está bajo gran presión, provee

la información para estudiar los cambios a escalas globales y climáticas (Balogh, 2010). Para conocer el impacto de esos cambios y sus posibles consecuencias deben obtenerse dimensiones más finas en las mediciones del terreno, las costas y los mares de nuestro país.

Mediante sensores en satélites tenemos la capacidad de realizar observaciones con cobertura espacial global, en particular sobre extensiones vastas en el océano, los desiertos, los bosques, las montañas, entre otros. Es posible realizar observaciones únicas acerca de la cobertura de la vegetación, la biomasa en los océanos, el ozono en la atmósfera, la distribución de gases de efecto invernadero, el nivel del mar, las condiciones del estado del mar, los niveles de precipitación y el estado climático. Además, las aplicaciones no se reducen a la meteorología, la oceanografía y el clima, sino que es posible obtener información de gran utilidad en una gama amplia de sectores. Algunas de estas aplicaciones son: uso de suelo, estadística, salud de las cosechas, estimación de precipitaciones, identificación de recursos, detección de zonas de desastre, gestión de riesgos, cobertura de inundaciones, definición de rutas marítimas comerciales óptimas y evaluación del potencial energético del oleaje.

Seguridad en el territorio

El papel que desempeña el espacio en las aplicaciones en seguridad es central en la cohesión social (Schneier, 2003), y puede entenderse a través de sus tres grandes capacidades: comunicar, observar y localizar.

El gobierno mexicano ha realizado un importante desarrollo en plataformas de comunicaciones terrestres para seguridad nacional, y recientemente ha efec-

tuado una gran inversión en sistemas satelitales, lo que aportará la capacidad de “comunicar”. En materia de observación y localización, destaca un nicho para el desarrollo de sistemas y redes espaciales en México. Éste se aloja en el valor que el espacio puede aportar mediante plataformas de observación del territorio y de posicionamiento, proporcionando herramientas para responder a las necesidades del país y mediante un sistema integral de información en una base nacional.

Para las funciones de localización, los sistemas satelitales de navegación global (GNSS) civiles constituyen un nicho altamente promisorio, donde la tecnología se encuentra en sus fases iniciales, en comparación con los sistemas de comunicaciones, un escenario tecnológico en el que México puede posicionarse.

Cabe destacar la importancia de la seguridad en el ciberespacio, pues las comunicaciones modernas requieren confidencialidad y protección de la información.

Asimismo, el espacio desempeña un papel determinante en el intercambio de información gubernamental, corporativa y personal.

Acceso a la información

La revolución de la información ha estado fincada en los acelerados desarrollos en electrónica, computación y comunicaciones. La convergencia de estas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en una red global de información ha provisto a la humanidad de información de alta capacidad, de una manera rápida, confiable y de bajo costo. En la sociedad de la información y el conocimiento en el siglo XXI, individuos, empresas, corporaciones pequeñas y grandes no sólo son receptores, sino que también generan su

propia información. Esto ha producido un desarrollo económico extraordinario, debido al incremento en la productividad. Ésta, a su vez, se ha visto agilizada por las comunicaciones rápidas y los procesos automatizados, propiciando la reducción sistemática del costo de las transacciones basadas en información.

México atraviesa un periodo decisivo en su proyecto de integración a la sociedad de la información: un nuevo escenario para nuestro desarrollo económico y social basado en el procesamiento, la organización y la transmisión de la información.

Las tecnologías digitales son ahora totalmente transversales en relación con nuestra sociedad (en las empresas, en las instituciones, en las relaciones sociales e interpersonales). El desarrollo y el uso de tecnologías digitales son indicadores de la vitalidad de un país, desde lo macroeconómico hasta lo personal; constituyen un habilitador del desarrollo del individuo y un importante elemento de cohesión social, y definen un excelente medio para que tanto empresas como gobierno innoven y optimicen sus actividades.

La infraestructura de banda ancha democratiza las oportunidades de la sociedad en el contexto global. El acceso a la banda ancha y el aprovechamiento de sus aplicaciones son prioridad en las políticas públicas de nuestro país: gobierno, empresa y academia deben proponer acciones para el fomento de su infraestructura y un aprovechamiento adecuado, elementos que constituyen una herramienta para afrontar los retos nacionales en todos los sectores.

Conectividad

El gobierno mexicano despliega actualmente modernas plataformas, tanto te-

restres como espaciales, a fin de dotar o mejorar la conectividad para las diferentes aplicaciones de teleeducación, telemedicina, gobierno electrónico y desarrollo empresarial en general; también para impulsar la inclusión digital de las comunidades marginadas y aisladas, es decir, reducir la brecha digital (figura 7). El sector central del gobierno mexicano, en coordinación con los estados de la República, impulsa la conectividad de las redes estatales con la red dorsal nacional, para enlazar digitalmente a las instituciones fundamentales para el desarrollo, como escuelas, centros de salud, oficinas de gobierno, universidades y centros comunitarios; en estos últimos se capacita a la población para utilizar herramientas de aplicaciones digitales, mediante alianzas estratégicas con empresas.

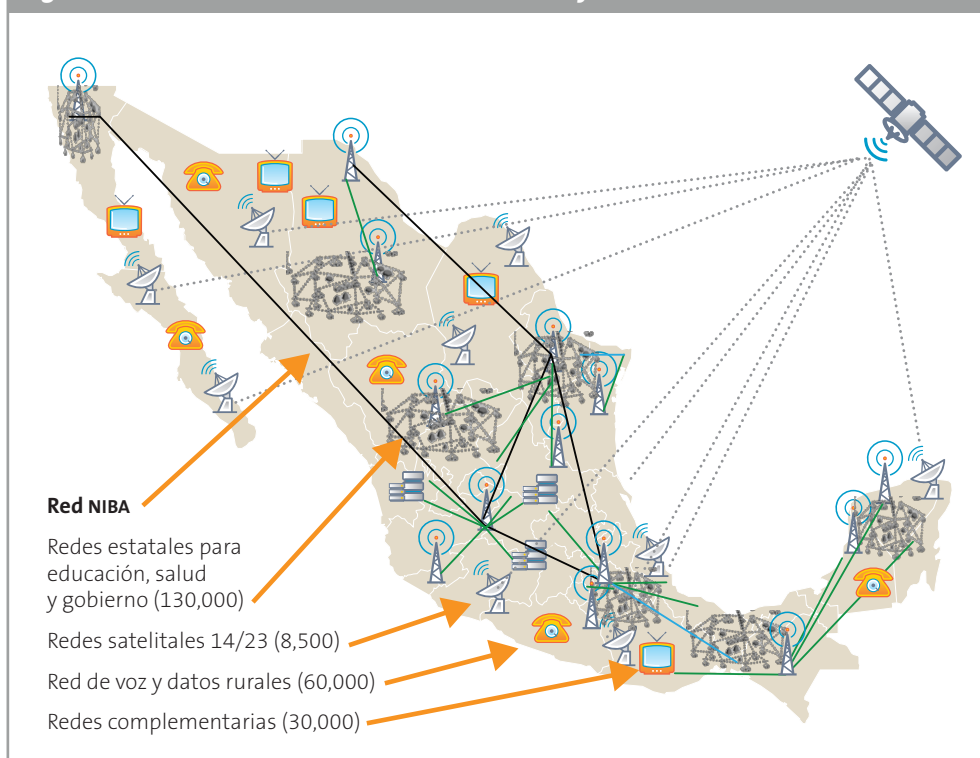
Competitividad

Las comunicaciones espaciales han aportado soluciones en diversos escenarios, especialmente cuando se requiere ampliar cobertura y movilidad, y frecuentemente representan la única alternativa en regiones remotas con poblaciones distribuidas o con infraestructura terrestre limitada.

Este escenario provee beneficios únicos a la sociedad, aporta mayor diversidad de servicios, mayor capacidad (banda ancha), mejor calidad, un costo accesible, seguridad y confidencialidad, estimula la innovación empresarial en productos y servicios, e incrementa la competitividad.

Este cambio de paradigma demanda cambios de estrategias en gobierno, academia y empresa. La convergencia digital plantea un nuevo “contrato social” para promover un entorno que aumente la cobertura de la población con acceso a la red de información.

Figura 7. Combinación de redes nacionales terrestres y satelitales



Fuente: Telecomm.

En el sector de las telecomunicaciones, el impulso a la competencia, con el consecuente marco regulatorio en la materia, propicia el desarrollo de la infraestructura de innovación en México y facilita la difusión de las innovaciones en el resto

de la economía y la sociedad. El desarrollo de infraestructura de tecnologías de la información aporta un beneficio directo a las Pymes, que adquieren acceso a la tecnología y una mayor participación en las redes de conocimiento. ©

PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

Propuestas iniciales. Programa Nacional de Actividades Espaciales

El Programa Nacional de Actividades Espaciales (PNAE), 2011-2015, rige las actividades de la Agencia Espacial Mexicana, de tal forma que la misma tenga rumbo y dirección claros, y establece cinco ejes, sus objetivos, estrategias y líneas de acción en materia espacial. Su fundamento legal deviene de lo ordenado en el artículo 26 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley de Planeación y las Líneas Generales de la Política Espacial de México (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2011). De igual manera, está alineado con el documento que se generó en las mesas de trabajo para el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018. (Tabla 5) (Agencia Espacial Mexicana, 2013.)

Tabla 5. Alineación de políticas

Alineación del Programa Nacional de Actividades Espaciales		
	Líneas generales de política espacial	Cobertura en los ejes del PNAE
Plan Nacional de Desarrollo, 2013-2018	Protección a la soberanía y seguridad nacional	4
	Rectoría del Estado en la materia	4
	Autonomía del país en la materia	4
	Protección de la población	4
	Desarrollo del sector productivo	3
	Investigación y desarrollo de ciencia, tecnología e innovación	2
	Formación de recursos humanos	1
	Coordinación, reglamentación y certificación	3, 4
	Financiamiento	1, 2, 3, 4, 5
	Organización y gestión	5
	Divulgación de actividades espaciales	1
	Sustentabilidad ambiental	2
	Cooperación internacional	4
	• Con libertad, legalidad y uso ético del poder • Con responsabilidad y convivencia pacífica	

El Programa Nacional de Actividades Espaciales (PNAE) se estructura en cinco ejes de actividades estratégicas:

- Formación de capital humano en el campo espacial.
- Investigación científica y desarrollo tecnológico espacial.
- Desarrollo industrial, comercial y competitividad en el sector espacial.
- Asuntos internacionales, normatividad y seguridad en materia espacial.
- Financiamiento, organización y tecnologías de la información en materia espacial.

Para la correcta ejecución de este Programa deberá existir una intensa actividad de coordinación entre la Agencia Espacial Mexicana y aquellas entidades involucradas en el sector. A fin de prevenir la duplicidad de esfuerzos, la Agencia se enfocará exclusivamente en los aspectos relacionados con el campo espacial, evitando invadir atribuciones de otras entidades.

Formación de capital humano en el campo espacial

Este eje estratégico se enfoca en el impulso, la formación y actualización de recursos humanos para habilitar el ingreso de México al escenario del aprovechamiento y uso del espacio. Con esto podrá asegurarse el crecimiento económico sustentable con la cadena de valor obtenida por medio del sector espacial. Asimismo podrán propiciarse oportunidades para impulsar una economía más competitiva, equitativa y respetuosa del

medio ambiente. Con el fin de acelerar el desarrollo de las capacidades de individuos para impulsar, apreciar, construir, diseñar, y operar sistemas espaciales que permitan atender los problemas sociales de sectores de la población originados por las limitaciones de acceso a los medios de comunicación, educación, salud y protección civil, se requiere el diseño didáctico orientado a apropiar y difundir el conocimiento y las aplicaciones del espacio y sus beneficios sociales y económicos (generar una cultura del espacio).

Las actividades científicas y tecnológicas relacionadas con el espacio requieren de trabajadores cada vez más especializados (Griffin, 2008), formados en la industria, la academia, la investigación y el gobierno.

La formación multidisciplinaria y colaborativa de capital humano en disciplinas espaciales, así como el desarrollo de experiencia a través de las metodologías de “educación orientada a la misión” y “aprendizaje basado en proyectos” (Haubold, 2003), son fundamentales para fortalecer una industria espacial nacional que busque evolucionar de la manufactura hacia el diseño, la investigación y el desarrollo tecnológico.

Finalmente, la difusión y la divulgación de investigaciones y desarrollos espaciales son actividades muy importantes en la formación de una sociedad mexicana donde el espacio, al ser una fuente de inspiración, propicie el desarrollo vocacional en nuestros niños y jóvenes por la ciencia y la tecnología.

Investigación científica y desarrollo tecnológico espacial

Este eje busca propiciar un desarrollo espacial de México, que fortalezca las

capacidades científicas, tecnológicas, educativas e industriales, para la mejora de las condiciones y oportunidades de vida de la población; fomentar las actividades espaciales en México conforme a su impacto científico, social y económico, y coadyuvar en la inserción del país en el contexto global del sector aeroespacial mediante la participación en investigaciones, proyectos y sistemas espaciales pertinentes que contribuyan al desarrollo humano y social, innovando en tecnología y apoyando la competitividad global del sector.

Las actividades espaciales derivadas de este eje tienen un papel relevante en la protección y seguridad de la población, en colaboración con las dependencias y entidades competentes; además, buscan articular los sectores público y privado en los campos de la actividad espacial, que apoyen la protección de la soberanía nacional y permitan desarrollar sistemas satelitales con infraestructura y tecnologías propias. Contemplan acciones para contribuir a la protección y manejo sustentable de los recursos naturales; también para generar sistemas de observación que ayuden en la protección de la población, en el monitoreo de la franja fronteriza y la zona económica exclusiva; que auxilien a los registros de los efectos del cambio climático, la posible detección de movimientos telúricos y el monitoreo de la contaminación ambiental, entre otros. Finalmente, se contribuirá en la formulación de iniciativas y proyectos de comunicaciones satelitales para aumentar la inclusión digital en un entorno de sustentabilidad económica.

En un esquema de colaboración multiinstitucional y con alianzas estratégicas internacionales, se estarían construyendo

capacidades para que las siguientes generaciones de satélites mexicanos puedan tener una componente importante de desarrollo nacional, con la consecuente derrama tecnológica en nuestra industria espacial, así como en la disposición de plataformas para cargas útiles científicas mexicanas. Esto genera necesariamente un impacto en la formación de recursos humanos y en la expansión del conocimiento científico en el sector espacial.

Desarrollo industrial, comercial y competitividad en el sector espacial

Este eje fomenta la generación de productos y servicios del gobierno, la sociedad y las empresas, mediante el estudio, la coordinación y el apoyo a los proyectos de investigación y transferencia tecnológica que apliquen tecnologías, procesos, productos o servicios del sector espacial para la solución de estas demandas.

Busca también fomentar cadenas productivas que vinculen estratégicamente al sector industrial con el sector de servicios para incrementar la competitividad de México, estimulando el crecimiento de una industria espacial sostenible y con capacidad tecnológica competitiva en el ámbito mundial.

Fomenta también la planeación adecuada, la transparencia y el uso pertinente de recursos asignados a los programas, proyectos y actividades espaciales mediante el uso de sistemas de gestión de arquitectura empresarial, en red con centros de investigación, instituciones de educación superior, empresas, organismos públicos y operadores de servicios.

Asimismo busca la articulación de políticas, programas y actividades de la Agencia Espacial Mexicana (AEM) mediante la creación de centros regionales

y otras instancias previstas en la ley que crea a la AEM (Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, 2010) para fortalecer al sector industrial espacial al propiciar la inversión en infraestructura tecnológica de diseño, manufactura y comercialización de productos, procesos y sistemas espaciales de alto valor agregado, maximizando el potencial de participación global del sector espacial, mediante la identificación, el desarrollo y la competitividad en la producción y oferta especializada de productos y servicios para el mercado global.

En esta perspectiva, la AEM interpreta la utilización del espacio como un recurso y un motor de crecimiento económico y agrega una dimensión que contribuye a una mejor gestión de nuestros recursos naturales y estratégicos; abre nuevas posibilidades a las empresas de base tecnológica para competir exitosamente en el mercado global y ofrece una clara oportunidad de articulación productiva de la cadena educación-investigación-diseño-manufactura-comercialización-operación de productos y servicios espaciales.

Asuntos internacionales, normatividad y seguridad en materia espacial

La política espacial mexicana requiere de una presencia activa y participativa en los foros internacionales, así como de una estructurada participación en el análisis, definición de estrategias y toma de decisiones que realice México respecto a su postura en relación con las definiciones internacionales sobre el espacio. La definición y determinación de este eje es de suma relevancia, en tanto expresa y delimita los principales rubros que contiene la planeación de corto y mediano plazos en materia de relaciones internacionales

y normatividad, que se delinea de forma enunciativa como rector de la actividad espacial, en un marco de transparencia y legalidad; todo ello congruente con el eje México con Responsabilidad Global, de los ejes fundamentales del Plan Nacional de Desarrollo.

Por otro lado, la seguridad es un concepto muy amplio que no sólo se relaciona con la defensa de nuestras fronteras o con la lucha contra la criminalidad. La seguridad tiene muchas vertientes, ya que está relacionada con las amenazas a la viabilidad del país: seguridad alimentaria, ambiental, energética, de abastecimiento de agua, epidemiológica, entre otras. En todas ellas, el papel del espacio es central y puede entenderse a través de sus tres grandes capacidades: comunicar, observar y localizar. En el escenario espacial, el gobierno mexicano ha realizado un importante desarrollo de plataformas y sistemas en apoyo a la seguridad, sobre todo en plataformas de comunicaciones terrestres para seguridad nacional.

El Estado de derecho y la seguridad nacional se pueden ver fortalecidos por la tecnología espacial, ya que ésta facilita la comunicación con localidades distantes y apoya en la disminución de la brecha digital. La información proporcionada por los satélites de observación de la Tierra permite el pronóstico del clima, la ejecución de programas de alerta temprana para fenómenos meteorológicos perjudiciales, así como la puesta en práctica de estrategias de apoyo a la población en situaciones de desastres.

Financiamiento, organización y tecnologías de la información en materia espacial
Las actividades de financiamiento, organización y gestión constituyen tres de las

líneas estratégicas de la política espacial en México. Este eje se orienta a la provisión de financiamiento eficiente y efectivo, el aprovechamiento de fondos y fuentes financieras existentes que faciliten la obtención y el ejercicio de recursos necesarios para el cumplimiento del programa, proyectos y actividades espaciales.

En este eje se define la estrategia organizativa, las acciones de estructuración y operación funcional de la Agencia Espacial Mexicana. Asimismo, establece las responsabilidades en el rubro de gestión de aplicaciones de tecnologías de la información y actividades prospectivas de tecnología en materia espacial.

Este proceso se realizará de acuerdo con los instrumentos normativos que regulan a los organismos públicos descentralizados y a las actividades que se realicen en materia de financiamiento, organización y gestión de tecnologías de información, así como aquellas que contribuyan al desempeño de las áreas sustantivas de la AEM, bajo criterios de observación estricta de la legislación, lineamientos y disposiciones que regulan las acciones y actividades espaciales.

Los elementos y agentes capaces de integrar la industria se encuentran dispersos en el territorio nacional (formación de recursos humanos especializados, la industria de servicios satelitales, la industria aeronáutica, la investigación en el campo espacial, el gobierno como promotor, operador y gran usuario, entre otros), por lo que la principal actividad asociada al desarrollo de una industria espacial competitiva, capaz de ejercer un importante impacto social, consiste en la identificación de los componentes que servirán de base para el desarrollo de esta industria, determinando cuál podría

ser la aportación de cada elemento o recurso a la cadena de valor.

El Programa Nacional de Actividades Espaciales se estructura con base en objetivos, estrategias y líneas de acción; ahora, las actividades espaciales comprenden una gran diversidad de disciplinas, abordadas en diferentes dependencias del gobierno federal, así como en los gobiernos de los estados y en el sector privado.

Propuestas de la triple hélice.

Plan de Órbita 1.0

El Plan de Órbita constituye un mapa de ruta de la industria espacial en México y es, a grandes rasgos, un ejercicio que responde a tres preguntas:

- ¿Cuál es el contexto actual de México en el campo espacial?
- ¿A dónde se desea llegar?
- ¿Qué elementos se requieren para alcanzar la meta?

El Plan de Órbita fue desarrollado en forma colaborativa por la Agencia Espacial Mexicana, ProMéxico y un grupo de trabajo integrado por representantes de la academia, la industria y el gobierno (triple hélice), quienes a partir de sus conocimientos, experiencias y expectativas elaboraron un documento que expresa, en hitos estratégicos, proyectos y programas de acción, la forma en que México pretende desarrollar la industria espacial nacional (Agencia Espacial Mexicana y ProMéxico, 2013).

Siguiendo el proceso tradicional para la elaboración de un mapa de ruta se empleó la metodología y se seleccionaron las tecnologías relevantes para México, partiendo de 14 tecnologías en las que la National Aeronautics and Space Admi-

nistración (NASA) agrupa sus actividades espaciales.

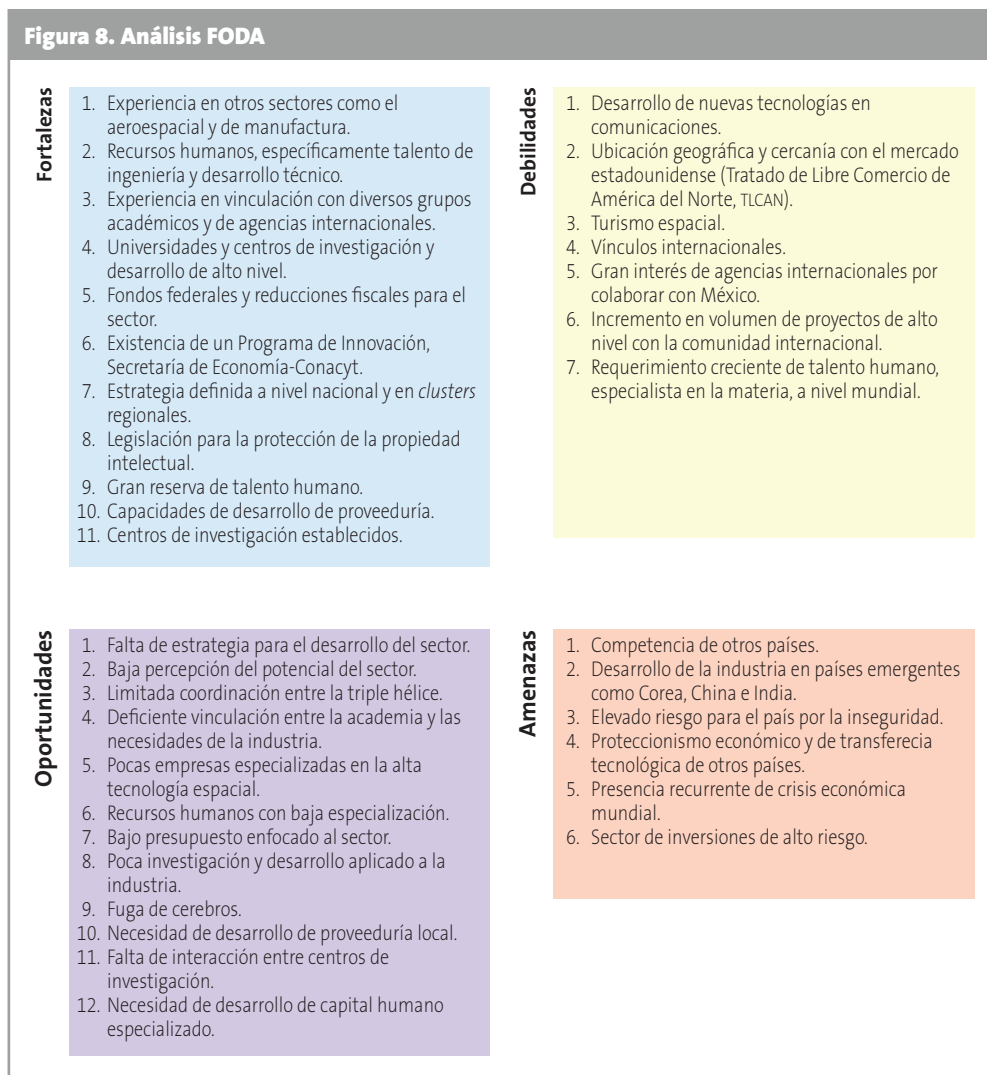
De estas tecnologías se seleccionaron las cuatro siguientes:

- a. Modelación, simulación, sistemas de información y procesamiento.
- b. Materiales, estructuras, sistemas mecánicos y manufactura.

c. Comunicación y navegación.

d. Instrumentos científicos, observatorios y sistemas de sensores de percepción remota.

Para responder a la primera pregunta: ¿Cuál es el contexto actual de México en el campo espacial?, se realizó un Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) del sector espacial (figura 8).



Con una visión prospectiva, partiendo de las tecnologías seleccionadas como relevantes y los elementos del FODA, se determinaron cinco hitos estratégicos que

responden a la segunda pregunta: ¿a dónde se desea llegar?, cuya definición y entregables se expresan en la tabla 6.

Tabla 6. Hitos estratégicos	
Hito	Proyectos
Hito I: Centro de Validación, Normalización y Acreditación de Laboratorios de Prueba de Productos Espaciales de clase mundial (fecha de realización: 2015).	<ul style="list-style-type: none"> 1.1 Reporte de estrategia corporativa y figura jurídica. 1.2 Estudio comparativo de la normatividad internacional vigente (reporte técnico). 1.3 Estudio de mercado y modelo de negocio (reporte técnico). 1.4 Reporte técnico y proyecto de normas. 1.5 Apertura de organismos de normalización y acreditación (reporte técnico). 1.6 Red de laboratorios de prueba de tecnologías espaciales (reporte técnico). 1.7 Desarrollo de negocios y empresas del sector espacial (reporte técnico).
Hito II: Establecer una empresa con capacidades tecnológicas para el diseño y la gestión de proyectos espaciales con modelo de Asociación Público-Privada (APP), que sea el núcleo e interfaz con los participantes de los proyectos espaciales (fecha de realización: 2014).	<ul style="list-style-type: none"> 2.1 Estudio de capacidades nacionales y nichos globales. 2.2 Estructura jurídica y su estatuto orgánico. 2.3 Plan de negocios. 2.4 Empresa formada y financiamiento inicial. 2.5 Proyecto de infraestructura espacial en modelo APP.
Hito III: Integrar una plataforma satelital multifunción de órbita baja con un 50% de tecnologías críticas desarrolladas en México (fecha de realización: 2017).	<ul style="list-style-type: none"> 3.1 Integrar el Grupo Técnico Administrativo (GTA). 3.2 Especificaciones y diseño de la plataforma satelital. 3.3 Diseño preliminar, misión y financiamiento de una plataforma satelital. 3.4 Construcción y prueba del satélite de la primera misión. 3.5 Lanzamiento de la primera misión del microsatélite.
Hito IV: Creación de un instituto, Asociación Público-Privada (APP), de coordinación de la triple hélice para la innovación en materiales avanzados con aplicaciones aeroespaciales (fecha de realización: 2014).	<ul style="list-style-type: none"> 4.1 Diagnóstico de capacidades en materiales avanzados. 4.2 Programa de fomento a la investigación en materiales avanzados. 4.3 Demandas e inversiones para el desarrollo de materiales avanzados. 4.4 Investigación del estado del arte en materiales avanzados. 4.5 Plan de negocios del Instituto de Materiales Avanzados. 4.6 Plataforma de innovación abierta.
Hito V: México tendrá una participación en la industria espacial equivalente a 1% o mil millones de dólares (fecha de realización: 2017).	<ul style="list-style-type: none"> 5.1 Mapa de capacidades transversales existentes en México. 5.2 Informe de un foro de la industria espacial. 5.3 Reporte de proyectos internacionales con potencial de negocio para la industria espacial mexicana. 5.4 Ubicación de integradores satelitales nacionales.

Propuesta de objetivos a largo plazo. Plan Infraestructura Espacial Mexicana

Para proyectar objetivos que sean relevantes ahora y en el futuro es necesario disponer de un marco de referencia de gran visión y permanencia en el tiempo. Se propone que ese marco de referencia se construya alrededor de las grandes necesidades del país y que en el caso de que la industria espacial se soporte en una infraestructura espacial sustentable, que garantice una clara contribución a la solución de dichas necesidades.

México posee una gran economía y una posición geográfica privilegiada, además de un vasto territorio (una superficie de más de dos millones de km² y más de 2.9 millones de km² de mar territorial). No obstante, factores como su diversidad climática, sus grandes desiertos y una accidentada orografía, dificultan el acceso y la integración de las comunidades más alejadas a los beneficios de una moderna y justa sociedad.

Por esto la atención de las necesidades de soberanía nacional, seguridad, protección civil en caso de desastres y conectividad de cobertura social para educación, salud y gobierno constituyen este marco de referencia y dan prioridad a los proyectos de construcción de la infraestructura espacial mexicana.

Infraestructura espacial es el conjunto de bienes tangibles e intangibles necesarios para el estudio, acceso, exploración, uso y aprovechamiento del espacio.

Los bienes tangibles incluyen: cohetes propulsores, plataformas y sistemas de lanzamiento, vehículos suborbitales, satélites y otras naves espaciales, su instrumentación, cargas útiles, estaciones maestras, telepuertos, antenas receptoras, terminales de

usuario y otros dispositivos de enlace y control, así como observatorios astronómicos, instrumentos y observatorios geofísicos, laboratorios, equipos especializados y de medición, etcétera.

Los bienes intangibles comprenden: posiciones orbitales y sus frecuencias asociadas, órbitas no geostacionarias, leyes, reglamentos, tecnologías, patentes, licencias, concesiones, marcas, *know-how*, capital humano y otros elementos relevantes. Los proyectos de infraestructura espacial y las necesidades atendidas se muestran en la figura 9.

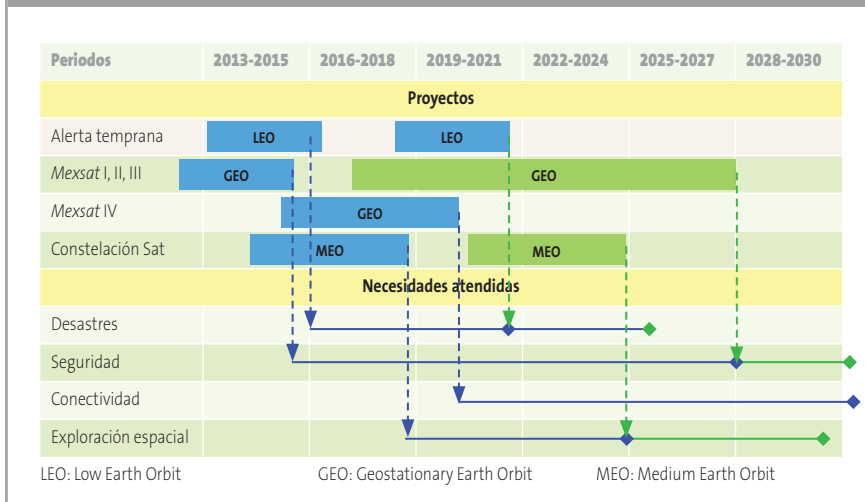
La propuesta de construcción de una infraestructura espacial mexicana con un horizonte de planeación a 2030 requiere la elaboración de un programa de desarrollo que esté integrado al Programa Nacional de Infraestructura, que por una parte se alinee al Plan Nacional de Desarrollo y, por la otra, sea un rubro presupuestal apoyado con los recursos financieros del Fondo Nacional de Infraestructura (Fonadin).

Propuesta de innovación. Innovación y transferencia del conocimiento

Si se considera que el reto de desarrollar una industria espacial de gran impacto social y económico se traduce en encontrar soluciones eficaces a las grandes necesidades nacionales descritas en el capítulo anterior, empleando el espacio como recurso, es imperativo reconocer que en la globalidad del siglo XXI, con sus planteamientos y complejos problemas, es necesario desarrollar nuevos enfoques y convertir nuestro conocimiento en riqueza al alcance de toda la población.

Este proceso de conversión del conocimiento en riqueza es la esencia de la innovación, en la que participan tres actores: 1) quien la utiliza, 2) quien la fa-

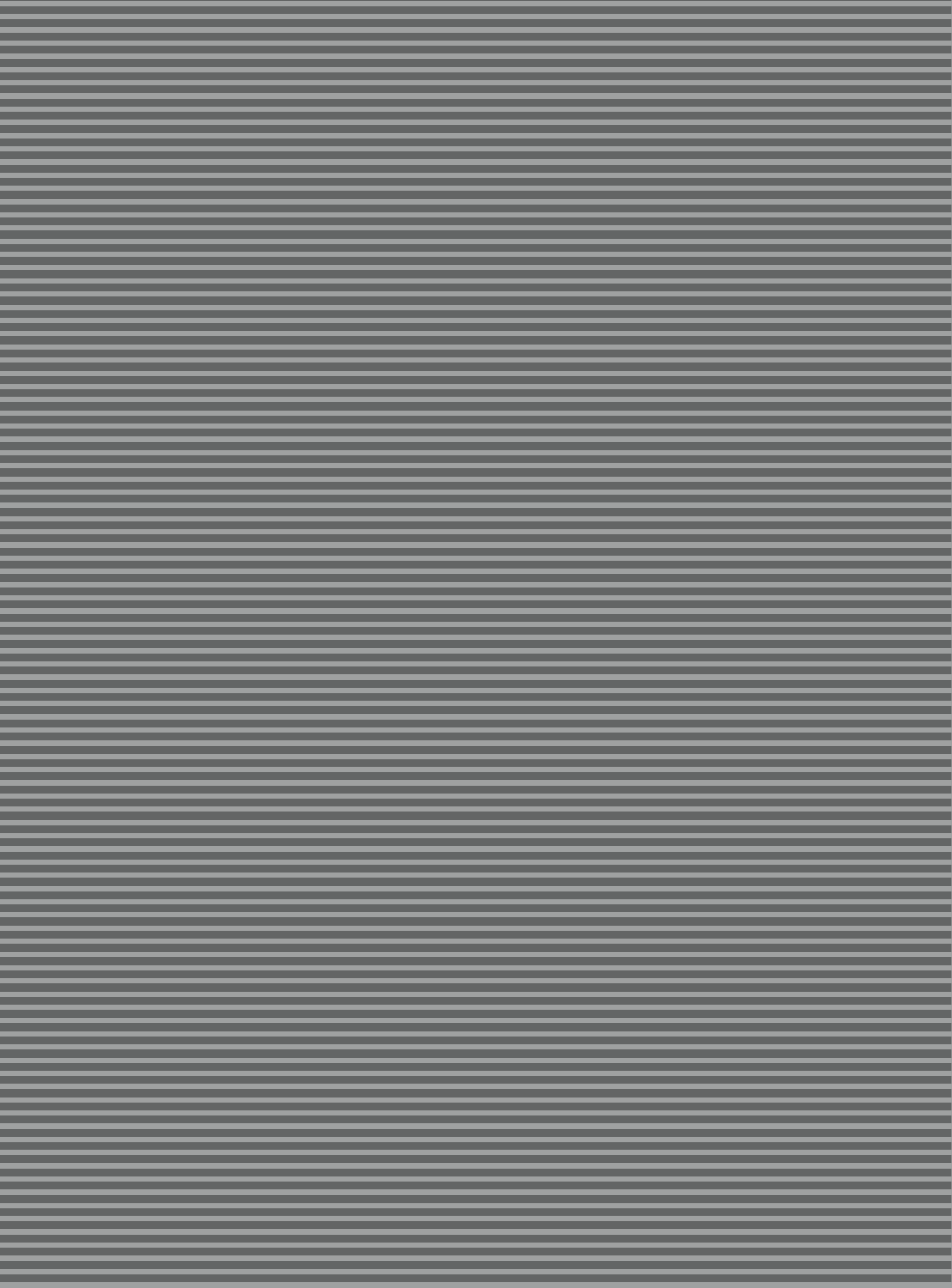
Figura 9. Prospectiva de desarrollo de la infraestructura espacial mexicana



cilita, y 3) quien la trabaja; dichos actores se desplazan en un entorno dinámico, un ecosistema cuya orientación, integración y funcionamiento determinan la probabilidad de éxito de las iniciativas y la eficacia del sistema.

La propuesta de innovación abierta consiste en la definición de un modelo y el establecimiento de una forma de captar iniciativas que contribuyan a la generación de nuevos negocios, basados en la apropiación de conocimientos y el

desarrollo de productos y servicios que satisfagan de manera eficaz y competitiva los problemas de nuestra sociedad. En este modelo se privilegia la colaboración de grupos multidisciplinarios de diversas instituciones y sectores dispuestos a identificar áreas de oportunidad, invertir en su exploración y en el desarrollo de sociedades mercantiles y estructuras jurídicas de negocio, incluidas las Asociaciones Público-Privadas (APP). ©



PROPUESTAS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

La ley que crea la Agencia Espacial Mexicana y las Líneas Generales de la Política Espacial de México constituyen una política de Estado que trasciende coyunturas políticas o económicas. Su finalidad es traducir el desarrollo científico, tecnológico e industrial aeroespacial del país en nuevos nichos de oportunidad, situar a México en la competencia internacional del sector y ayudar a generar más y mejores empleos. El papel de esta política en un país como México radica en estimular nuevos espacios para la competitividad y creatividad de los mexicanos. Todo ello, en un mundo marcado por el desarrollo de la innovación como estrategia para afrontar los grandes desafíos nacionales.

Entre los lineamientos de política se encuentra el *desarrollo del sector productivo*, cuyos objetivos son:

- Impulsar el desarrollo del sector productivo a través de su vinculación con el gobierno e instituciones académicas, articulando cadenas de valor que incrementen su competitividad y estimulen la generación de empleos, utilizando las capacidades de las diferentes regiones del país.
- Promover proyectos que integren tecnología nacional para estimular la participación y profesionalización de recursos humanos altamente calificados en los procesos de diseño, construcción y operación de equipos e instalaciones aeroespaciales.
- Fomentar la creación de nuevas empresas derivadas de los desarrollos tecnológicos espaciales.
- Transferir la experiencia de los desarrollos aeroespaciales al resto de la economía.

Estos lineamientos de carácter general deben ser más específicos para que permitan dirigir las acciones de los involucrados de una manera orgánica y articulada. Por lo anterior, se proponen las siguientes políticas:

1. En el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, incluir el “desarrollo de una infraestructura espacial mexicana” como una estrategia transversal.

Justificación:

Una infraestructura espacial mexicana contribuye a mantener la soberanía del país, mejorar la seguridad nacional, asegurar la conectividad, la cobertura social para la educación, la salud, el gobierno electrónico y la sustentabilidad ambiental, reduciendo la brecha digital y contribuyendo a acelerar la entrada de México en la economía del conocimiento del siglo XXI.

2. En el presupuesto de ingresos 2013-2018, destinar un porcentaje del aprovechamiento de las concesiones de uso y explotación de frecuencias del espectro radioeléctrico de usos comerciales de radio y TV para el desarrollo de la infraestructura espacial, la ciberseguridad y otras aplicaciones de Tecnologías de la Información y la Comunicación.

Justificación:

Disponer de este recurso a lo largo de la administración, sin afectar otros rubros presupuestales, asegura la continuidad y sustentabilidad de la infraestructura espacial en las áreas de mayor contenido intelectual y alto valor agregado, el ciberespacio, las tecnologías de información y las comunicaciones vía satélite.

3. Incorporar el Programa de Desarrollo de la Infraestructura Espacial como rubro del Programa Nacional de Infraestructura 2013-2018, el Fonadin y los proyectos apoyados en el esquema de Asociaciones Público-Privadas.

Justificación:

El Programa de Desarrollo de Infraestructura Espacial lo conforman proyectos espaciales y aplicaciones que toman varios años para su desarrollo y puesta en marcha; que requieren inversiones cuantiosas, personal altamente calificado y procesos de investigación, innovación continua y desarrollo tecnológico acelerado para la incorporación de tecnologías propias e industrias locales en las nuevas generaciones de sistemas satelitales.

4. En el Programa Nacional de Innovación 2013-2018, incorporar el rubro de incentivos a los innovadores con base en los resultados de la innovación y los indicadores de impacto económico en clientes que usan la innovación.

Justificación:

En la actualidad se destinan fondos de apoyo a la innovación con base en el valor de los insumos y se estimula el desarrollo de infraestructura y el desarrollo de capacidades y competencias de investigación y desarrollo. Sin embargo, esto beneficia más a los agentes de la innovación que a los innovadores, quienes proponen, generan y trabajan la innovación hasta convertirla en riqueza. La innovación es un proceso para abrir nuevos caminos sin dejar de avanzar, y aunque no siempre se llega a un destino, hay que reconocer los éxitos y retornar parte de los beneficios a quienes aportaron tiempo, talento y recursos para llegar a la meta. ©

ESTIMADO PRESUPUESTAL

El desarrollo de una industria espacial mexicana se basa en impulsar sistemas espaciales cuya misión consista en contribuir a la atención prioritaria de las necesidades sociales del país y que, en función de dicho propósito, se definan los insumos de capital humano, tecnologías, productos y servicios de apoyo necesarios para culminar los objetivos de la misión. A continuación se describe brevemente el objetivo principal de cada uno de los proyectos emblemáticos que se proponen para detonar el desarrollo de la industria espacial mexicana.

1. Sistema de alerta y respuesta temprana

Costo estimado: 75 000 000.00 de dólares.

Este sistema satelital de observación de la Tierra se encontrará a unos 700 km, en una órbita inclinada, lo que le permitirá recorrer todo el territorio nacional cada 12 horas con barridos de 600 km de ancho. Tendrá la misión de observar el territorio, detectar cambios en las condiciones de la atmósfera, el terreno y las zonas costeras, registrando valores con sus sensores multiespectrales y enviando señales de alarma a las estaciones terrenas ubicadas en lugares estratégicos, a fin de que las autoridades y otros organismos responsables de la protección civil puedan tomar las medidas pertinentes para alertar a la población y proceder a efectuar las acciones necesarias.

Entre los aspectos que se propone estudiar se incluye la medición de luminosidad para detección de actividad volcánica, deforestación, incendios forestales, maremotos, investigación de mareas rojas, cianobacterias que dañen cuerpos de agua, entre otros.

2. Satélite *MexSat IV*

Costo estimado: 140 000 000.00 de dólares.

Este satélite se propone como un respaldo para el satélite *Bicentenario*. Asimismo, permitiría apoyar la gestión de banda ancha por efecto de la demanda generalizada de los sistemas de protección civil, telemedicina, teleducación, gobierno electrónico y nuevos servicios de telecomunicación y acceso digital a comunidades rurales.

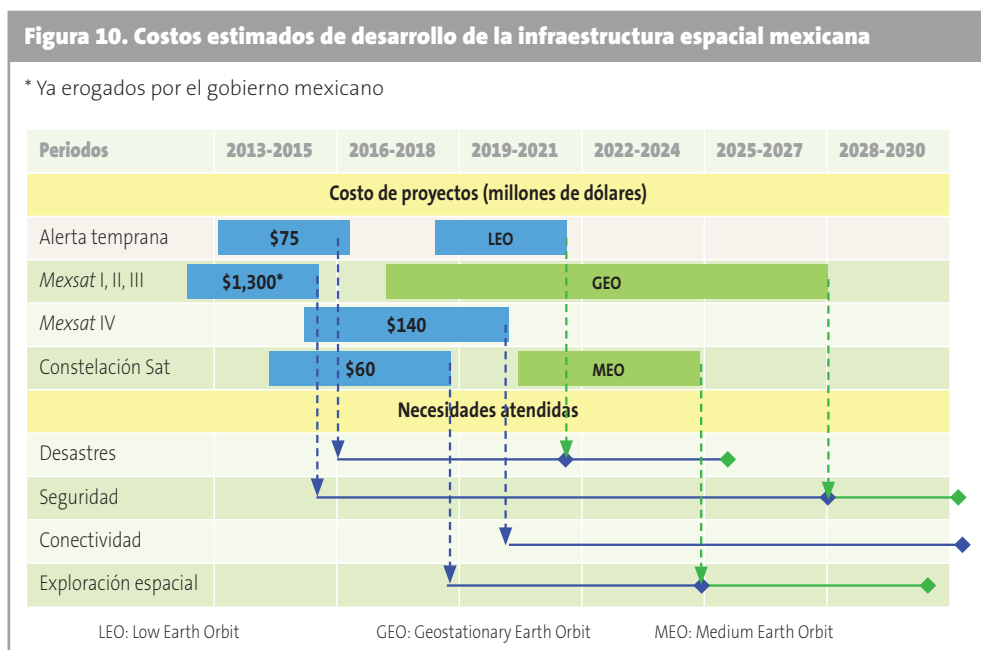
3. Constelación satelital

Costo estimado: 60 000 000.00 dólares.

Esta constelación incluye nano y microsatélites con diversas misiones de exploración espacial, con fines tanto de investigación científica como de prueba de concepto de dispositivos e instrumentos que se integren a futuras misiones de servicio público o comercial, en las que, a un costo accesible, la industria espacial mexicana contará con plataformas de experimentación espacial.

Resumen de costos

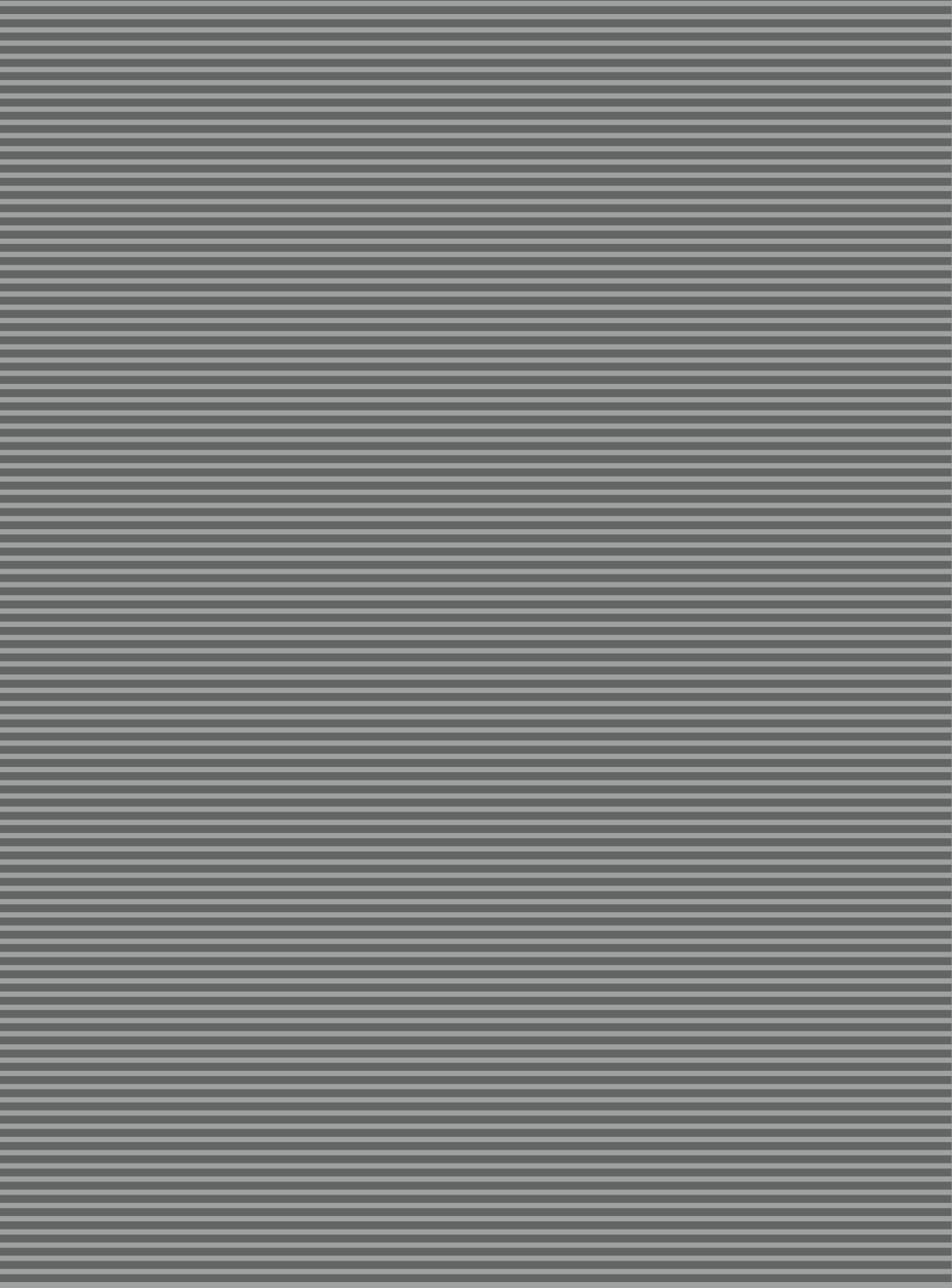
Los costos estimados de los proyectos que se describieron en los incisos anteriores se refieren a los costos de diseño, desarrollo, fabricación, prueba, certificación, lanzamiento y seguro. Sin embargo, no incluyen los costos de infraestructura terrena (centros de control, repetidoras y terminales de usuario) ni los costos del personal de operación de las estaciones y centros de control en su fase operativa (figura 10). ☉



CONCLUSIÓN

En este trabajo se presenta un análisis de las experiencias de México en sus intentos de acceder al espacio, experiencias valiosas pero abruptamente interrumpidas de tiempo en tiempo. Se describen las condiciones que guarda el país en relación con los diversos campos de la ciencia, la tecnología y la industria que inciden en el estudio, acceso y exploración del espacio. Con ello, se da lugar a las propuestas elaboradas a lo largo del primer año de operación de la Agencia Espacial Mexicana (AEM), con el objeto de extraer elementos clave que permitan responder al reto del desarrollo de esta industria emergente, que tiene manifestaciones brillantes pero dispersas, tanto por su naturaleza especializada, propia del sector, como por la magnitud y riesgo de las inversiones.

En este momento México cuenta con una pujante industria aeronáutica, gran atrayente de inversión extranjera, que reconoce la calidad de la investigación y del capital humano de nuestro país. Queda por superarse el síndrome de intermitencia que ha impedido dar continuidad a los esfuerzos para lograr convertir el conocimiento en productos y servicios espaciales. ☉



BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Espacial Mexicana (2013), *Plan Nacional de Actividades Espaciales 2013-2018*, México, (en prensa), Agencia Espacial Mexicana.
- Agencia Espacial Mexicana y ProMéxico (2013), *Plan de Órbita. Mapa de ruta de la industria espacial mexicana*, México, Agencia Espacial Mexicana.
- Balogh, Werner *et al.* (2010), "The United Nations Programme on Space Applications: Status and direction for 2010", *Space Policy*, vol. 26, núm. 3, pp. 185-188.
- Congreso de los Estados Unidos Mexicanos (2010), "Ley que crea la Agencia Espacial Mexicana", *Diario Oficial de la Federación*, 30 de julio.
- Fondo Monetario Internacional (2012), *Perspectivas de la economía mundial. Hacer frente a los altos niveles de deuda y al lento crecimiento*, Washington, D. C., World Economic Outlook (International Monetary Fund).
- Fondo Monetario Internacional (2014), *World Economic Outlook Update*, Washington, D. C., 21 de enero, International Monetary Fund.
- Foro Económico Mundial (2012), "Financial Development Report", *World Economic Forum*, 3 de octubre, en línea: [http://www3.weforum.org/docs/WEF_FinancialDevelopmentReport_2012.pdf].
- Fundación del Espacio (2013), *The Space Foundation Report 2013*, Palm Springs, Colorado, Space Foundation.
- Griffin, Michael D. (2008), "The Magic of Science", 33rd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves, 15 de septiembre.
- Handberg, Roger (1995), *The Future of the Space Industry: Private Enterprise and Public Policy*, Westport, Quorum Books.
- Haubold, Hans J. (2003), "Education Curricula in Space Science and Technology: The Approach of the UN-Affiliated Regional Centers", *Space Policy*, vol. 19, núm. 3, pp. 221-223.
- INSEAD-WIPO (2012), *Global Innovation Index*, Fontainebleau, Francia, INSEAD.

- Kealey, Terence (1996), *The Economic Laws of Scientific Research*, Nueva York, St. Martin's Press, Inc.
- Legatum Institute (2012), "Legatum Prosperity Index", *Prosperity*, 2 de octubre, en línea: [<http://www.prosperity.com/>].
- Petroni, Giorgio, Karen Venturini y Stefano Santini (2010), "Space Technology Transfer Policies: Learning from Scientific Satellite Case Studies", *Space Policy*, vol. 26, núm. 1, pp. 39-52.
- Schneier, Bruce (2003), *Beyond Fear: Thinking Sensibly About Security in an Uncertain World*, Nueva York, Springer.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2011), "Líneas generales de la política espacial de México", *Diario Oficial de la Federación*, 13 de julio.
- Stokes, Donald E. (1997), *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*, Washington, D. C., The Brookings Institution.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (2010), *Brief Overview of Space Market*, Doha, Qatar, International Telecommunication Union. ©

EQUIPO EJECUTIVO



COORDINADOR GENERAL

José Franco

Presidente de la Academia Mexicana de Ciencias

AMC

Axelle Roze | Emilede Velarde | Fabiola Trelles | Javier Flores | Renata Villalba | Rocío Méndez.



DGDC

Addina Cuervo | Adriana Bravo | Adriana García | Adriana Rayón | Alberto Rentería | Alejandra Noguez | Aline Juárez | Ángel Figueroa | Arturo Orta | Claudia Juárez | Cristina Martínez | Denisse Osuna | Enrique Jiménez | Ernesto Navarrete | Esteban Estrada | Guillermo Castañeda | Iván Pacifuentes | Jareni Ayala | José Luis Vázquez | Juan Carlos Piña | Laura Rojas | Leticia Chávez | Manuel Amaya | Manuel Comi | Mara Salazar | Marcela Martínez | María Elena Arcos | Mariana Fuentes | Mónica Genis | Pablo Flores | Paulina Trápaga | Pedro Sierra | Ramón Cervantes | Ricardo Pacheco | Rogelio Carballido | Rolando Ísita | Rosa Isela Percastre | Rosanela Álvarez | Silvia San Miguel | Susana Trejo | Teresa Segura | Teresita Mendiola | Tlanex Valdés | Vanessa Rendón.



UDUAL

Alfredo Camhaji | Junior Mendoza | Luis Felipe Flores | Luis Fernando Rodríguez | Marco Antonio Villegas | Olivia González | Roberto Escalante Semerena.



3CIN

Ana Victoria Pérez | Laura Villavicencio | Miguel Ángel Quintanilla.



CÁMARA DE SENADORES

Jesús Ramírez.



José Antonio Esteva Maraboto (consultor).

Instituciones participantes en la Agenda Ciudadana de Ciencia, Tecnología e Innovación

Academia Mexicana de Ciencias (AMC)

Dr. José Franco, Presidente

Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES)

Dr. Rafael López Castañares, Expresidente

Asociación Mexicana de Museos y Centros de Ciencia y Tecnología (AMCCYT)

Dra. Rosario Ruiz Camacho, Presidenta

Cámara de Diputados

Diputado Rubén Benjamín Félix Hays,
Presidente de la Comisión de Ciencia y Tecnología de la LXII Legislatura

Cámara de Senadores

Sen. Francisco Javier Castellón Fonseca,
Expresidente de la Comisión de Ciencia y Tecnología de la LXI Legislatura

Sen. Alejandro Tello Cristerna,
Presidente de la Comisión de Ciencia y Tecnología de la LXII Legislatura

Sen. Juan Carlos Romero Hicks,
Presidente de la Comisión de Educación de la LXII Legislatura

Centro de Investigación de Estudios Avanzados (Cinvestav)

Dr. René Asomoza Palacio, Director General

Consejo Consultivo de Ciencias (ccc)

Dr. Jorge Flores Valdés, Coordinador General

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt)

Dr. José Enrique Villa Rivera, Exdirector

Dr. Enrique Cabrero Mendoza, Director

Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCYT)

Dra. Gabriela Dutrénit Bielous, Coordinadora General

Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FECYT)

Dr. Hugo René Andrade Jaramillo, Decano

Fundación 3CIN (España)

Dr. Miguel Ángel Quintanilla Fisac, Director

Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal (ICYTDF)

Dr. Julio Mendoza Álvarez, Exdirector

Instituto Politécnico Nacional (IPN)

Dra. Yoloxóchitl Bustamante Díez, Directora

Noche de las estrellas

Lic. Emilede Velarde, Responsable

Programa Delfin

Carlos Humberto Jiménez González, Coordinador General

Red de las Alianzas Francesas en México (AF)

Dr. Philippe Palade, Delegado General

Red Nacional de Consejos y Organismos Estatales de Ciencia y Tecnología (RedNACEYT)

Dr. Tomás González Estrada, Presidente

Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Tecnología, A. C. (Somedicyt)

Dra. Elaine Reynoso Haynes, Presidenta

Unión de Universidades de América Latina y el Caribe (UDUAL)

Dr. Roberto Escalante Semerena, Secretario General

Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)

Dr. Enrique Fernández Fassnacht, Exrector General

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Dr. José Narro Robles, Rector

Aguascalientes

CIMAT Aguascalientes.
CIO Aguascalientes.
Subsede del CIATEQ, Aguascalientes.
Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Baja California

El Trompo, Museo Interactivo, Tijuana.
Fundación que Transforma, Tijuana.
Subsede del CICESE, Tijuana.
Universidad Autónoma de Baja California.

Baja California Sur

Consejo Sudcaliforniano de Ciencia y Tecnología.
Museo Sol del Niño.
Subsede del CIBNOR, Guerrero Negro.
Subsede del CICESE, La Paz.
Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Campeche

Casa de la Tecnología DGETI-SECUD.
Subsede del COMIMSA, Ciudad del Carmen.
Subsede del ECOSUR, Campeche.
Universidad Autónoma de Campeche.

Coahuila

Centro Cultural Multimedia 2000, A. C.
Museo del Desierto.
Museo de los Metales Peñoles.
Subsede del COMIMSA, Monclova.
Universidad Autónoma de La Laguna.

Colima

Instituto Tecnológico de Colima.
Museo Interactivo “Xoloitzcuintle”.
Universidad de Colima.

Chiapas

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Chiapas.
Instituto Tecnológico de Tapachula.
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología, Tuxtla Gutiérrez.
Subsede del CIESAS, San Cristóbal de las Casas.
Subsede del ECOSUR, San Cristóbal de las Casas.
Universidad Autónoma de Chiapas.

Chihuahua

Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez.
Semilla Museo, Centro de Ciencia y Tecnología de Chihuahua.
Subsede del CIAD, Delicias.
Subsede del CIAD, Cuauhtémoc.
Subsede de EL COLEF, Ciudad Juárez.
Subsede del INECOL, Ciudad Aldama.
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Distrito Federal

Academia de Ciencias Administrativas, A. C.
Agua.org.mx.
Centro de Difusión de Ciencia y Tecnología del IPN, Tezozómoc.
Colegio de Ciencias y Humanidades.
El Colegio de México.
Escuela Nacional Preparatoria 1.
Escuela Nacional Preparatoria 2.
Escuela Nacional Preparatoria 3.
Escuela Nacional Preparatoria 4.
Escuela Nacional Preparatoria 5.
Escuela Nacional Preparatoria 6.
Escuela Nacional Preparatoria 7.
Escuela Nacional Preparatoria 8.
Escuela Nacional Preparatoria 9.
Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.
Fundación del Centro Histórico de la Ciudad de México, A. C.
Museo del Instituto de Geología, UNAM.
MUTEC, Museo Tecnológico de la CFE.
Subsede del CISESE, Distrito Federal.
Subsede de EL COLEF, Distrito Federal.
Universidad Anáhuac.
Universidad Panamericana, Campus Ciudad de México.

Durango

Bebeleche, Museo Interactivo de Durango.
Subsede del INECOL, Durango.
Universidad Autónoma de Durango.

Estado de México

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.
Instituto Tecnológico de Tlalnepantla.
Instituto Tecnológico de Toluca.
Museo Modelo de Ciencias e Industrias, A. C., Toluca.
Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco.

Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán.
Universidad Autónoma del Estado de México.
Universidad de Ixtlahuaca.
Universidad Politécnica de Tecámac.
Universidad Politécnica del Valle de Toluca.
Universidad Tecnológica de Nezahualcóyotl.

Guanajuato

Centro de Ciencias Explora.
Instituto Tecnológico de Celaya.
Universidad Centro de Estudios Cortázar.
Universidad de Guanajuato.

Guerrero

Instituto Tecnológico de Acapulco.
Instituto Tecnológico de Iguala.
Museo Interactivo “La Avispa”.
Universidad Autónoma de Guerrero.

Hidalgo

Museo “El Rehilete”, Pachuca.
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Universidad Tecnológica de Tulancingo.

Jalisco

CIATEC Guadalajara.
Museo de Ciencia y Tecnología “Guillermo Santoscoy Gómez”.
Subsede del CIESAS, Guadalajara.
Trompo Mágico, Museo Interactivo, Zapopan.
Universidad Autónoma de Guadalajara.
Universidad de Guadalajara.
Zig-zag Centro de Ciencias Interactivo.

Michoacán

Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora.
Instituto Tecnológico de Jiquilpan.
Instituto Tecnológico de La Piedad.
Instituto Tecnológico de Lázaro Cárdenas.
Instituto Tecnológico de Morelia.
Instituto Tecnológico del Valle de Morelia.
Instituto Tecnológico de Zitácuaro.
Instituto Tecnológico Superior de Apatzingán.
Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo.
Instituto Tecnológico Superior de Huetamo.
Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes.
Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro.
Instituto Tecnológico Superior de Puruándiro.

Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro.
Instituto Tecnológico Superior de Uruapan.
Instituto Tecnológico Superior Purépecha.
Subsede del COLMICH, La Piedad.
Subsede del INECOL, Pátzcuaro.
Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo.
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
Universidad Tecnológica de Morelia.

Morelos

Instituto Nacional de Salud Pública.
Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
Universidad Politécnica de Morelos.

Nayarit

Instituto Las Américas de Nayarit.
Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas.
Instituto Tecnológico de Tepic.
Universidad Autónoma de Nayarit.
Universidad del Valle de Matatipac, S. C.
Universidad Tecnológica de Bahía de Banderas.
Universidad Vizcaya de Las Américas.

Nuevo León

Horno 3, Museo del Acero.
Planetario Alfa.
Subsede del CICESE, Monterrey.
Subsede del CIESAS, Monterrey.
Subsede de EL COLEF, Monterrey.
Universidad Autónoma de Nuevo León.

Oaxaca

Museo del Palacio.
Subsede del CIESAS, Oaxaca.
Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca.

Puebla

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
Colegio México, Tehuacán.
Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango.

Querétaro

Subsede del CIATEQ, El Marqués.
Universidad Autónoma de Querétaro.

Quintana Roo

Instituto Tecnológico de Cancún.
Subsede del CICY, Cancún.
Subsede del ECOSUR, Chetumal.

San Luis Potosí

CIDESI San Luis Potosí.
CIQA San Luis Potosí.
Museo Laberinto de las Ciencias y las Artes.
Subsede del CIATEQ, San Luis Potosí.

Sinaloa

Centro de Ciencias de Sinaloa.
Instituto Tecnológico de Culiacán.
Instituto Tecnológico de Los Mochis.
Instituto Tecnológico de Mazatlán.
Instituto Tecnológico Superior de Eldorado.
Instituto Tecnológico Superior de Guasave.
Instituto Tecnológico Superior de Sinaloa, A. C.
Subsede del CIAD, Culiacán.
Subsede del CIAD, Mazatlán.
Universidad Autónoma de Sinaloa.
Universidad Autónoma Indígena de México.
Universidad de Occidente.
Universidad Politécnica de Sinaloa.

Sonora

Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora.
El Colegio de Sonora.
INAOE, Cananea.
Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
“La Burbuja”, Museo del Niño.
Subsede del CIAD, Guaymas.
Subsede del CIBNOR, Guaymas.
Subsede del CIBNOR, Hermosillo.
Universidad de Sonora.
Universidad Estatal de Sonora.

Tabasco

Instituto Tecnológico Superior de Los Ríos.
Subsede del CIATEQ, Villahermosa.
Subsede del COMIMSA, Villahermosa.
Subsede del ECOSUR, Villahermosa.
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Tamaulipas

Subsede de EL COLEF, Matamoros.
Subsede de EL COLEF, Nuevo Laredo.
Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Tlaxcala

Universidad Autónoma de Tlaxcala.

Veracruz

Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan.
Museo Interactivo de Xalapa-MIX.
Subsede del CIESAS, Xalapa.
Universidad Veracruzana.

Yucatán

Subsede del CIESAS, Mérida.
Universidad Autónoma de Yucatán.

Zacatecas

Instituto Tecnológico Superior de Fresnillo.



INVESTIGACIÓN ESPACIAL

perteneciente a la *Agenda Ciudadana de Ciencia, Tecnología e Innovación*, fue editado por la Academia Mexicana de Ciencias, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, y la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM.

Se terminó de imprimir en el mes de diciembre de 2013 en los talleres de Grupo San Jorge, ubicados en Antonio Plaza 50, Col. Algarín, México, D. F.

En su composición se utilizaron tipos de la familia Thesis de 10/13 puntos.
Fue impreso en offset sobre papel couché mate de 150 gramos.
El tiraje constó de 1 500 ejemplares.

El cuidado de la edición estuvo a cargo de Rosanela Álvarez R.





INVESTIGACIÓN ESPACIAL

Aunque México ingresa tarde a la era espacial, la investigación y la generación de tecnología en este campo pueden contribuir de manera importante a la solución de necesidades sociales, tales como la prevención de desastres derivados de fenómenos naturales.

La ciencia y la tecnología espacial cobran importancia tanto desde el punto de vista predictivo, como de la atención posterior a desastres a través de tres capacidades: la observación del territorio, la comunicación y la localización. Estas tecnologías pueden utilizarse también para la agricultura, el ordenamiento urbano, los estudios de mares y costas, el estudio de las selvas o el registro de la desertificación, entre otros.

Además, el sector aeroespacial y la Agencia Espacial Mexicana constituyen una oportunidad para desarrollar nuevas carreras, más empleo e industrias nacionales.

