

PANORAMA GLOBAL DEL ESPACIO 4.0: OPORTUNIDADES Y ESTRATEGIAS PARA ESTUDIANTES STEM EN MÉXICO

GLOBAL OVERVIEW OF SPACE 4.0: OPPORTUNITIES AND STRATEGIES FOR STEM STUDENTS IN MEXICO

M. F. Esparza Posadas¹
A. Zamora Díaz²
M. E. Cortés Hernández³

RESUMEN

Este trabajo repasa la evolución del sector aeroespacial global de acuerdo con las fases identificadas por la European Space Agency (ESA), desde el 'Space 1.0' hasta el actual 'Space 4.0'. En este sentido, se destaca el incremento de participantes en la llamada economía espacial alrededor del mundo, ofreciendo a México la oportunidad de involucrarse en mayor medida en esta industria. Particularmente se aborda el impacto socioeconómico del sector aeroespacial a nivel mundial, destacando la colaboración entre la National Aeronautics and Space Administration (NASA) y empresas privadas. Así mismo, se explora el panorama reciente de México, recapitulando la labor de la Agencia Espacial Mexicana (AEM) y los avances en la formación de capital humano como un catalizador para el desarrollo tecnológico e industrial en el país, subrayando la importancia de que México no quede rezagado en este sector estratégico. En este contexto, surge la necesidad de implementar iniciativas para que estudiantes STEM se integren en el sector aeroespacial. Por lo anterior, se presentan dos estrategias piloto implementadas en estudiantes de Ingeniería Industrial de la Facultad de Estudios Superiores Aragón (FES Aragón) para fomentar la participación de éstos en el desarrollo de tecnología aeroespacial. Estas estrategias se alinean con el plan de estudios de la carrera que busca, entre otros aspectos, la adquisición de conocimientos técnicos, el desarrollo de competencias interdisciplinarias, y el aprendizaje continuo en los estudiantes.

ABSTRACT

This work reviews the evolution of the global aerospace sector according to the phases identified by the European Space Agency (ESA), from 'Space 1.0' to the current 'Space 4.0'. In this regard, the increase in participants in the so-called space economy around the world is highlighted, offering to Mexico the opportunity to become more involved in this industry. Particularly, the socioeconomic impact of the aerospace sector worldwide is reviewed, highlighting the collaboration between the National Aeronautics and Space Administration (NASA) and private companies. Likewise, the recent panorama of Mexico is explored, summarizing the mission of the Mexican Space Agency (AEM) and advances in human capital formation as a catalyst for technological and industrial development in the country, emphasizing the importance of Mexico not falling behind in this strategic sector. In this context, there arises the need to implement initiatives for STEM students to integrate into the aerospace sector. Therefore, two pilot strategies implemented in Industrial Engineering students at the Facultad de Estudios Superiores Aragón (FES Aragón) are presented to encourage their participation in the development of aerospace technology. These strategies align with the curriculum of the career, which seeks, among other aspects, the acquisition of technical knowledge, the development of interdisciplinary competencies, and continuous learning in students.

¹ Profesor de Asignatura. Facultad de Estudios Superiores Aragón, Universidad Nacional Autónoma de México. franciscoesparzae4@aragon.unam.mx

² Ayudante de Profesor. Facultad de Estudios Superiores Aragón, Universidad Nacional Autónoma de México. angelazamora35@aragon.unam.mx

³ Ayudante de Profesor. Facultad de Estudios Superiores Aragón, Universidad Nacional Autónoma de México. marloncortes20@aragon.unam.mx

ANTECEDENTES

De acuerdo con la European Space Agency (ESA), el desarrollo del sector aeroespacial ha pasado por varias etapas hasta llegar a la actualidad. La primera de ellas llamada 'Space 1.0' se enfocó en el estudio de la astronomía. La siguiente era conocida como 'Space 2.0' fue impulsada por la carrera espacial que logró la llegada de la humanidad a la Luna. Posteriormente, en la tercera etapa 'Space 3.0' se logró la cooperación internacional en hitos como la construcción de la International Space Station (ISS). Actualmente, en el 'Space 4.0' hay un número creciente de actores espaciales en todo el mundo (ESA, 2017) entre los que se encuentran organizaciones públicas y privadas. Lo anterior representa una oportunidad para México de posicionarse como un jugador activo en la economía espacial.

En 2022, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) publicó la segunda edición de su manual sobre la medición de la economía espacial, en este documento describe a esta economía como aquella involucrada en una amplia gama de actividades y uso de recursos que generan valor y beneficios durante la exploración, comprensión, gestión y utilización del espacio. Estas actividades abarcan la investigación científica, el desarrollo tecnológico, la industria e infraestructura espacial, entre otras, dando lugar a conocimientos, productos y servicios que benefician a las sociedades.

El impacto socioeconómico de la economía espacial es significativo. Por ejemplo, en 2019, sólo en Estados Unidos generó más de 356,000 empleos. Además, contribuyó con más de 194,000 millones de dólares en términos económicos (OCDE, 2022). Este impulso al sector aeroespacial en el país vecino se debe en parte a la colaboración de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) con empresas privadas mediante convenios en los que ha invertido más de 13 mil millones de dólares (NASA, 2020b). La mayoría de estos convenios se dan en el marco del programa Artemis que busca el regreso de la humanidad a la Luna (NASA, 2020b).

Respecto a México, se han realizado avances en la formación de capital humano en distintas instituciones educativas del país. Además, la Agencia Espacial Mexicana (AEM) tiene la misión de:

Transformar a México en un país con actividades científicas y desarrollos tecnológicos espaciales de clase internacional, orientados a la atención de las necesidades sociales, y articulados a programas de industrialización y de servicios en tecnologías de frontera, que contribuyan a incrementar la competitividad del país (Agencia Espacial Mexicana [AEM], s.f.).

En este sentido, se han desarrollado actividades científicas a lo largo del país como el Programa Espacial Universitario (PEU) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra (LANOT) o la Red Mexicana de Meteoros Citlalin Tlamina, la cual tiene el objetivo de crear una red de estaciones de monitoreo que registren el rastro de los meteoritos, para su posterior estudio, análisis y posible recuperación de meteoritos (Cordero et al., 2016).

En cuanto al marco legal de México en materia espacial, el 15 de marzo del 2022 se presentó en el Congreso de la Unión una propuesta de reforma constitucional en el ámbito espacial, dicha propuesta se aprobó en abril del 2023. La iniciativa consistió en modificar los artículos

28 y 73 de la Constitución para considerar las actividades espaciales como áreas prioritarias para el desarrollo nacional. En este sentido el director general de la AEM, Salvador Landeros Ayala manifestó que mediante esta reforma “se crea el andamiaje legislativo que permitirá desarrollar actividades espaciales relacionadas a la industria, energía, telecomunicaciones, salud, agricultura, medio ambiente, desarrollo urbano, cambio climático, desastres naturales, y más” (Agencia Espacial Mexicana [AEM], 2023).

Esta reforma constitucional representa una oportunidad significativa para México, ya que impulsará la creación de nuevas industrias, empleos y, sobre todo, desarrollo tecnológico. En el marco del ‘Space 4.0’ México no debe quedar rezagado en el sector espacial, pues esto supondría un atraso en términos tecnológicos, económicos, y científicos.

Dentro de los principales objetivos para el ‘Space 4.0’ se encuentra el aprovechamiento de la Luna para actividades científicas o comerciales. Desde las misiones del programa Apolo desarrollado por la NASA en el siglo XX, hasta la actualidad, en febrero de 2024, tan sólo 5 países han logrado alunizar de forma suave en nuestro satélite natural. Estas naciones son; Estados Unidos, La Unión Soviética, China, India y Japón de acuerdo con el portal alemán de estadística Statista (Armstrong, 2024).

El interés por aprovechar la Luna para fines científicos y comerciales por parte de las naciones antes mencionadas es latente, prueba de ello, es el anuncio de la colaboración entre La Administración Espacial Nacional de China (CNSA por sus siglas en inglés) y la Corporación Espacial Estatal (ROSCOSMOS) para la construcción de la International Lunar Research Station (CNSA, 2021).

Así mismo, otras potencias mundiales que tienen planes rumbo a la Luna son Japón mediante la Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) o India a través de la Indian Space Research Organisation (ISRO). En el caso de Japón, la JAXA confirmó el 25 de enero de 2024, que el Lunar Excursion Vehicle (LEV-1), parte del Smart Lander for Investigating Moon (SLIM), realizó exitosamente actividades en la superficie lunar. Por otro lado, la agencia espacial de India demostró con el éxito de la misión Chandrayaan-3, la capacidad que tiene para realizar misiones que alunicen y se desplacen sobre la superficie lunar.

En el caso de México, la misión COLMENA desarrollada por el Laboratorio de Instrumentación Espacial (LINX), del Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) de la UNAM, fue la primera misión mexicana que viajó con destino a la Luna. Además, esta misión contó con un enfoque novedoso a nivel mundial, el cual consiste en el uso de Micro-Robots autónomos para exploración espacial. Pese a no llegar a la superficie lunar, COLMENA 1 siembra el camino para las misiones COLMENA 2 y COLMENA 3 con fechas previstas de lanzamiento en 2027 y 2030 respectivamente.

A partir de la importancia y proyección del sector aeroespacial, surge la coyuntura para que México se convierta en un jugador activo de este sector y con ellos tenga beneficios desde el punto de vista científico y económico. Por supuesto, las nuevas generaciones de estudiantes resultan determinantes para alcanzar esas metas. Debido a lo anterior surge el siguiente cuestionamiento:

- ¿Qué estrategias se pueden implementar para que los estudiantes de diversos programas educativos STEM comiencen a involucrarse en el desarrollo de tecnología aeroespacial?

A causa del cuestionamiento antes mencionado, surge el objetivo de proponer estrategias efectivas para fomentar la participación de estudiantes de programas educativos STEM en el desarrollo de tecnología aeroespacial. Además, estas iniciativas no deben depender de la modificación de los planes de estudios existentes en los programas educativos, pues este es un proceso prolongado.

Con el fin de proponer iniciativas que incentiven a los estudiantes a inmiscuirse en temas relacionados al sector aeroespacial se implementaron dos iniciativas piloto:

1. Desarrollo de un proyecto de investigación aplicada por parte de 4 estudiantes de Ingeniería Industrial que cursaran el 5° semestre o algún semestre inferior.
2. Elaboración de un curso de 20 horas de duración, abordando aspectos del sector aeroespacial para la comunidad de la UNAM - FES Aragón y comunidad externa, este curso inicialmente estuvo contemplado para 20 personas.

Estas estrategias se realizaron a través del capítulo estudiantil: Comunidad Estudiantil de Innovación Industrial (CEII UNAM), perteneciente a la carrera de Ingeniería Industrial, impartida dentro de la FES Aragón -UNAM. Así mismo, es importante señalar que la segunda estrategia se diseñó para implementarse sólo si el proyecto de investigación aplicada mencionado en la estrategia 1 llegaba a tal avance como para elaborar un prototipo. Se optó por implementar estas iniciativas en la carrera antes mencionada, debido a que el plan de estudios de ésta plantea el requisito de titulación de “Horas de Formación Complementaria”, el cual consiste en cubrir 480 horas en actividades que aporten a la formación integral del estudiante, éstas pueden ser deportivas, culturales o de investigación.

Otro aspecto importante que se consideró para implementar estas iniciativas con estudiantes de 5° semestre (o semestres inferiores) es dar continuidad a los proyectos elaborados y que éstos puedan servir como forma de titulación para los estudiantes, una vez que los alumnos estén en semestres avanzados.

METODOLOGÍA

De acuerdo con la descripción del plan de estudios de la licenciatura en Ingeniería Industrial impartida en la Facultad de Estudios Superiores Aragón, los estudiantes deben desarrollar 11 competencias principales llamadas atributos de egreso, éstas involucran conocimientos técnicos como el uso de softwares, y también el desarrollo de habilidades blandas como la comunicación o el trabajo en equipo. En particular, el atributo 4 menciona lo siguiente:

- Atributo 4: Aplicar el método científico para desarrollar investigaciones o proyectos de ingeniería, considerando temáticas emergentes, con la finalidad de proporcionar conclusiones válidas.

Con base en lo anterior, se optó por la realización de proyectos de investigación aplicada considerando temáticas emergentes, en este caso, el sector aeroespacial. Estos proyectos realizados por el capítulo estudiantil CEII UNAM, el cuál es parte de la licenciatura en Ingeniería Industrial son reconocidos dentro del Programa Educativo y sirven a los

estudiantes como actividades para cubrir el requisito de titulación de horas de formación complementaria. Este capítulo estudiantil surge como un medio para que los estudiantes elaboren proyectos de investigación desde un enfoque multidisciplinario, donde se desarrollen soluciones integrales a problemáticas específicas.

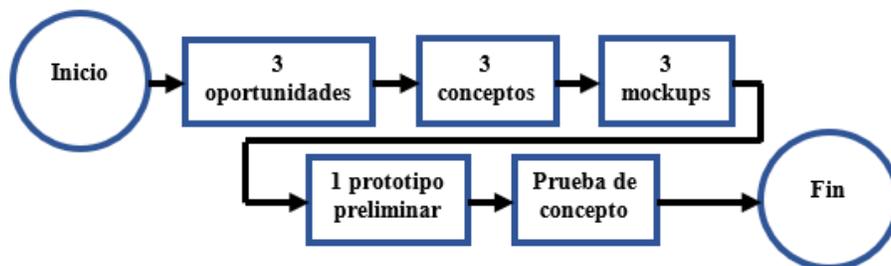
Los proyectos de investigación aplicada que se trabajan en CEII UNAM se enlistan en la Tabla 1, éstos buscan abordar problemáticas actuales mediante el uso de tecnologías de vanguardia en combinación con una metodología centrada en el usuario. Entre las tecnologías utilizadas, destacan principalmente inteligencia artificial, e internet de las cosas pues es importante que las nuevas generaciones de estudiantes STEM de México se involucren en el desarrollo e implementación de tecnologías de vanguardia través de nuevos métodos de aprendizaje que les permitan desarrollar y ofrecer soluciones competitivas tanto en el ámbito nacional como internacional (Esparza et al., 2023).

Tabla 1. *Proyectos en desarrollo por el capítulo estudiantil CEII UNAM*

Proyecto de investigación aplicada	Área de conocimiento involucrada	Tecnologías principales usadas
Monitoreo de incendios forestales mediante inteligencia artificial	Ingeniería aeroespacial	Ciencia de datos Inteligencia artificial
Adecuación de una prótesis impresa en 3D	Biomecánica Instrumentación biomédica	Diseño Asistido por Computadora Manufactura aditiva
Plataforma de gestión documental en materia de seguridad y salud ocupacional	Seguridad y salud ocupacional	Programación web
Sistema de control de calidad para empaques	Instrumentación y control Calidad	Inteligencia artificial Internet de las cosas
Traductor de Lengua de Señas Mexicana	Instrumentación y control Lingüística	Inteligencia artificial Internet de las cosas

La metodología para el desarrollo de los proyectos se basó en el Crash Course de Antro Diseño: Herramientas Aplicadas de AntroDiseño para Proyectos de Innovación Temprana en Productos, Servicios y Experiencias (Miranda, 2019). Los pasos principales que se siguieron de esta metodología se observan en la Figura 1.

Figura 1. *Metodología seguida para el desarrollo de los proyectos de CEII UNAM*



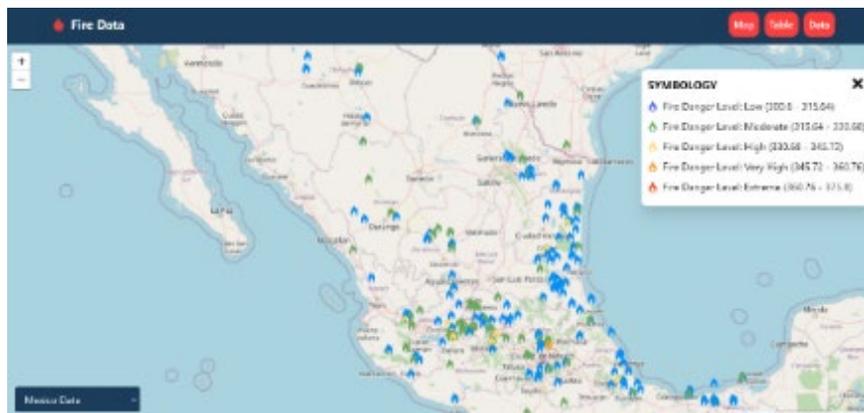
Fuente: adaptado de Miranda (2019)

El esquema de la Figura 1 es solamente indicativo, pues la metodología utilizada para cada proyecto se basa en un proceso de iteración continua donde se realiza investigación aplicada con un enfoque centrado en el usuario.

De los proyectos de la Tabla 1, el nombrado como monitoreo de incendios forestales mediante inteligencia artificial surge como la primera iniciativa para involucrar a estudiantes en el sector aeroespacial. Dicho proyecto consistió en el uso de datos obtenidos del Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) de la NASA, para dos fines; representar la información en una plataforma web donde los usuarios consulten los incendios forestales históricos en su localidad, y entrenar un algoritmo de inteligencia artificial que brinde una predicción del lugar y fecha en donde los usuarios podrían estar en una zona de riesgo de incendio forestal. Una vez terminada la plataforma, servirá como apoyo en la toma de decisiones de gobiernos locales con el fin de reducir el impacto de los incendios forestales.

Durante los 6 meses de trabajo, el equipo de 4 estudiantes y 2 asesores que colaboró en el proyecto consiguió desarrollar la plataforma de visualización de los incendios forestales ocurridos en México durante el 2022. Actualmente, dicha plataforma continúa actualizándose para implementar el algoritmo de inteligencia artificial. Sin embargo, los avances son notables tomando en cuenta el tiempo de desarrollo del proyecto. En la Figura 2 se observa el estado de la plataforma en febrero de 2024, disponible en el siguiente enlace: <https://nasa-fire-guardians.vercel.app/map>

Figura 2. Plataforma en desarrollo del proyecto de CEII UNAM: *Monitoreo de incendios forestales*



Fuente: Proyecto de investigación aplicada del capítulo estudiantil CEII UNAM

Una vez elaborado el prototipo del proyecto, a la par de seguir con el desarrollo de la plataforma, se continuó con la segunda estrategia la cual consistió en impartir un curso (a distancia) de 20 horas centrado en el uso de una tecnología de vanguardia (inteligencia artificial) y sus aplicaciones en un sector emergente (sector aeroespacial). Inicialmente el curso se planeó para 20 personas. Sin embargo, hubo más de 60 inscritos provenientes de distintas instituciones de educación superior y de diversas ingenierías. En la Tabla 2 se desglosa la carrera y la institución de procedencia de las personas inscritas a dicho curso.

Tabla 2. *Inscritos en el curso de 20 horas: Introducción a la Inteligencia Artificial y sus Aplicaciones en el Sector Aeroespacial*

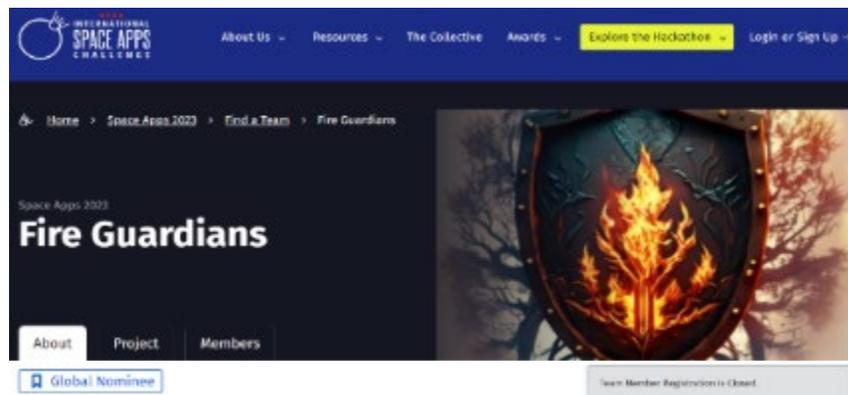
Número de inscritos	Institución de origen	Carrera
26	UNAM, FES Aragón	Ingeniería Industrial
18	UNAM, FES Aragón	Ingeniería Mecánica
1	UNAM, FES Aragón	Ingeniería Eléctrica Electrónica
1	UNAM, FES Aragón	Ingeniería en Computación
11	UNAM, Facultad de Ingeniería	Ingeniería Aeroespacial
2	UNAM, Facultad de Ingeniería	Ingeniería Mecatrónica
1	UNAM, Facultad de Ingeniería	Ingeniería Eléctrica Electrónica
1	UNAM, Facultad de Ingeniería	Ingeniería Mecánica
1	UNAM, Ingeniería Química	Ingeniería Química
2	ITESM, Campus Queretaro	Ingeniería Mecatrónica
1	UANL, FIME	Ingeniería Aeroespacial
1	Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo	Ingeniería Aeronáutica

En la primera estrategia se trabajó con un grupo reducido de 4 personas para sondear el interés de los estudiantes de FES Aragón en el sector aeroespacial, debido a los resultados positivos en el avance del proyecto, para la segunda iniciativa, la cual estuvo abierta a más estudiantes, se contó con más de 60 inscritos en el curso impartido en modalidad a distancia.

RESULTADOS

Respecto al proyecto de investigación aplicada llamado monitoreo de incendios forestales, mediante inteligencia artificial, se obtuvo como resultado, la plataforma mostrada en la Figura 2. Además, el proyecto participó en el concurso internacional NASA Space Apps Challenge 2023 en la Sede London (virtual), donde obtuvo la nominación global por el jurado de dicha sede (Figura 3), esto es una prueba de que los estudiantes de México tienen el potencial de desarrollar soluciones para sectores emergentes usando tecnologías de vanguardia.

Figura 3. *Proyecto de CEII UNAM en el NASA Space Apps Challenge 2023*



Fuente: NASA Space Apps Challenge 2023

El proyecto continuará desarrollándose con el objetivo de terminar la plataforma y a la vez, servir como modalidad de titulación para los estudiantes que participan en el. Así mismo, los alumnos que colaboraron en la primera fase del proyecto actualmente forman parte de

diversas iniciativas además del proyecto de investigación aplicada. Uno de ellos forma parte del equipo de coherencia Propulsión UNAM, mientras que, otros 2 integrantes se encuentran trabajando en iniciativas relacionadas al cambio climático.

Por otro lado, debido a la cantidad de inscritos al curso ofertado, y en especial a la participación y retroalimentación de estudiantes de diversas carreras e instituciones, actualmente se trabaja en la planeación del segundo curso enfocado en el sector aeroespacial, éste tiene fecha prevista de realización en agosto de 2024 y continuará fomentando en los estudiantes el uso de tecnologías de vanguardia y sus aplicaciones en sectores emergentes como el aeroespacial. Por último, se continuará con el desarrollo de proyectos de investigación aplicada.

CONCLUSIONES

La tendencia a nivel global indica que los ingresos generados por las actividades relacionadas al sector aeroespacial en el marco del 'Space 4.0' continuarán creciendo durante los siguientes años. Por lo que, es necesario que los estudiantes mexicanos de áreas STEM se involucren en este sector emergente, con el fin de adaptarse a los nuevos estándares de competitividad, y posicionar a los futuros profesionistas de México como personas capaces de desarrollar soluciones en distintos sectores. En este sentido, es vital proponer estrategias que involucren a los estudiantes en la industria aeroespacial.

Uno de los desafíos más grandes de cara a formar a los estudiantes en tecnologías de vanguardia o en sectores emergentes es la realización de actividades que no dependan de la modificación de planes de estudios, pues este es un proceso extenso. Dos alternativas para implementar estas actividades es el desarrollo de proyectos de investigación aplicada y la impartición de cursos extracurriculares en los diferentes programas educativos.

Se brinda un reconocimiento a los integrantes del capítulo estudiantil CEII UNAM por el trabajo realizado en los distintos proyectos de investigación aplicada. En particular a Cristian Armenta, Alan Guijosa, Santiago Márquez y Francisco Murillo, integrantes del proyecto de monitoreo de incendios forestales. Así mismo, se reconoce y agradece especialmente a Eduardo Reyes por el apoyo en el desarrollo de la plataforma presentada en el evento internacional NASA Space Apps Challenge 2023.

BIBLIOGRAFÍA

Agencia Espacial Mexicana [AEM] (s.f.). *¿Qué hacemos?* <https://www.gob.mx/aem/que-hacemos>

Agencia Espacial Mexicana [AEM] (2023). Propulsión UNAM - AAFI. *Revista hacia el Espacio*, núm. 141. <https://haciaespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=1297>

Armstrong, M. (2024, January 22). Landing on the Moon. *Statista*. <https://www.statista.com/chart/30403/successful-moon-lander-and-impactor-missions-by-country/>

- Comunidad Estudiantil de Innovación Industrial [CEII] (2024). *Página de inicio de CEII UNAM*. Facultad de Estudios Superiores – Aragón - Investigación. <https://www.ceiunam.co/>
- China National Space Administration [CNSA] (2021). *Joint statement between CNSA and ROSCOSMOS regarding cooperation for the construction of the international lunar research station*. <https://www.cnsa.gov.cn/english/n6465668/n6465670/c6811967/content.html>
- Cordero, G., Velázquez, F., Vázquez, C., Ramírez, J., Mendoza, A., Arévalo, A., & Camacho, F. (2016). The Mexican Meteor Network: A Preliminary Proposal. *Geofísica Internacional*, 55(1), 69–77. <https://doi.org/10.22201/igeof.00167169p.2016.55.1.1712>
- Esparza, M., Ramírez, E., Ávila, N. y Zamora, A. (2023). Plataformas Educativas para tecnologías de la industria 4.0: superando las barreras. *Revista ANFEI Digital*, núm. 15. <https://anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/919>
- Fire Data. (2024). *Plataforma de monitoreo de incendios forestales desarrollada como parte del proyecto de investigación aplicada del capítulo estudiantil CEII UNAM*. <https://nasa-fire-guardians.vercel.app/map>
- Gobierno de México. (2023). *Aprueba Cámara de Diputados reforma constitucional en materia espacial*. Agencia Espacial Mexicana. <https://www.gob.mx/aem/articulos/aprueba-camara-de-diputados-reforma-constitucional-en-materia-espacial-331196>
- Indian Space Research Organisation. (2023). *Chandrayaan-3*. Department of Space. https://www.isro.gov.in/Chandrayaan3_Details.html
- Japan Aerospace Exploration Agency. (2023). *In search of origins. Smart Lander for Investigating Moon (SLIM)*. <https://global.jaxa.jp/projects/sas/slim/>
- Laboratorio de Instrumentación Espacial. (2023). *COLMENA La primera misión lunar de México*. <https://linx.nucleares.unam.mx/colmena/>
- Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra. (2024). *Página de inicio de LANOT Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra*. <http://www.lanot.unam.mx/home/>
- Miranda, C. (2019). *Crash course de antro diseño: herramientas aplicadas de antro diseño para proyectos de innovación temprana en productos, servicios y experiencias*. Ediciones UC
- National Aeronautics and Space Administration [NASA] (2020a). *Artemis Plan. NASA's lunar exploration program overview*. https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2020/12/artemis_plan-20200921.pdf?emrc=f43185

- National Aeronautics and Space Administration [NASA] (2020b). *Top 20 NASA prime contractors*. https://osbp.nasa.gov/docs/top20_2020_contractors-TAGGED.pdf
- NASA International Space Apps Challenge (2023). *2023 NASA Space Apps Challenge. Fire Guardians*. <https://www.spaceappschallenge.org/2023/find-a-team/fire-guardians/?tab=details>
- National Aeronautics and Space Administration [NASA] (2024). *MODIS. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*. <https://modis.gsfc.nasa.gov/>
- Organization for Economic Co-operation and Development [OECD] (2022). *OECD handbook on measuring the space economy* (2nd Ed.). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/8bfef437-en>
- Programa Espacial Universitario [PEU] (2024). *Página principal de UNAM – PEU*. <http://peu.unam.mx/>
- Wörner, J. (2017, November 15). *Introducing space 4.0* [video]. European Space Agency. https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2017/10/Introducing_space_4.0