

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA ESPACIAL – MASTER IN SPACE ENGINEERING

PERFILES FUNDAMENTALES DE EGRESO

En la definición del perfil de los egresados, se ha partido de estudios de la idoneidad de programas existentes para responder a las necesidades del sector; entre ellos, Squires et al (2010) establece una metodología para determinar si las capacidades obtenidas durante el aprendizaje responden a las necesidades de la industria y el gobierno en el área espacial; Mertins et al. (2016) es relevante por aportar el punto de vista de las enseñanzas de ingeniería espacial en Rusia, describiendo su situación actual y un plan de futuro para su mejora.

Adicionalmente, se han considerado modelos de competencias de la industria espacial. Fundamentalmente, se ha utilizado la clasificación de competencias, habilidades y conocimientos especificadas por la Comisión Europea para la ocupación de “ingeniero de satélites” (ESCO – European Skill/Competences, qualifications and Occupations) . Para una correcta selección de las competencias y conocimientos adicionales se han utilizado otras fuentes. En particular, para la ingeniería de sistemas espaciales, se ha seguido el Modelo Appel de Competencia de Ingeniería de Sistemas y Gestión de Proyectos de la NASA .

Por otra parte, se ha considerado un reciente estudio llevado a cabo por el Instituto de la Ingeniería de España acerca de las competencias más demandadas por la industria española en los ingenieros egresados. Además, se han tenido en cuenta los estándares elaborados por el Employment and Training Administration (ETA), que establece un sistema jerarquizado de competencias globales y generales para toda la industria aeroespacial.

Como ejemplo de perfiles concretos y fundamentales de egreso del máster de ingeniería espacial (MISE), se lista a continuación una muestra (reducida) de los puestos de trabajo y compañías donde nuestros egresados han continuado su carrera profesional:

1. Creación de start-ups en ingeniería espacial: nos enorgullece poder decir que varios de nuestros egresados han fundado o participado en la creación de startups de tecnología avanzada.
2. Puestos de trabajo como:
 - a. Ingeniero de operaciones: dedicado al análisis y optimización de las operaciones en satélites y constelaciones utilizando métodos científicos y matemáticos.
 - b. Ingeniero de control: dedicado al análisis y desarrollo de sistemas de control y determinación para vehículos espaciales, lanzadores, satélites.

- c. Ingeniero térmico: responsable del diseño, análisis, pruebas y validación del sistema térmico para los sistemas espaciales y/o su hardware de vuelo.
- d. Ingeniero de producción: planificación, preparación, ejecución y análisis de resultados de pruebas mecánicas y térmicas de los subsistemas espaciales;
- e. Ingeniero de sistemas: planificación técnica, integración de sistemas, costos y riesgos, análisis de compatibilidad y de efectividad para sistemas completos.
- f. Ingeniero de estructuras: Análisis, cálculo y diseño de estructuras aeroespaciales primarias y secundarias.

En startups de tecnología espacial avanzada (tales como FOSSA Systems, IENAI Space, Madrid Space...), pequeñas-medianas empresas (tales como Hydra Space, Arquimea, ...) y grandes empresas (Sener, Deimos, GMV, Airbus...).

Conocimientos o contenidos (Knowledge)

Este apartado recoge la categoría 1 de la taxonomía CDIO (Technical Knowledge and reasoning). En particular los apartados 1.2. Core Engineering Fundamental Knowledge y 1.3. Advanced Eng. Fundamental Knowledge, Methods, Tools. Por otro lado, para categorizar los conocimientos específicos del área de ingeniería espacial, se ha utilizado la taxonomía ingeniería espacial desarrollada por la Plataforma Aeroespacial Española. De esa manera las competencias específicas se definen en correspondencia con los 16 dominios tecnológicos y de investigación definidos en la misma. La taxonomía de la PAE sobre espacio puede consultarse en: https://plataforma-aeroeshttps://plataforma-aeroespacial.es/wp-content/uploads/2017/10/PAE-STX-REP-01_03.pdf

A continuación, se listan los conocimientos que los estudiantes adquieren en el curso del máster:

- C1. Comprender en profundidad y aplicar los conocimientos, métodos y herramientas de la ingeniería espacial al análisis y diseño del subsistema de guiado, navegación y control de los vehículos espaciales, así como al análisis de misión.
- C2. Comprender y aplicar los conocimientos, métodos y herramientas de la ingeniería espacial al análisis y diseño del subsistema propulsivo de los vehículos espaciales.
- C3. Comprender en profundidad y aplicar los conocimientos, métodos y herramientas de la ingeniería espacial al análisis y diseño de las estructuras, materiales y mecanismos espaciales.
- C4. Comprender en profundidad y aplicar los conocimientos, métodos y herramientas de la ingeniería espacial al análisis y diseño del subsistema térmico de los vehículos espaciales.

- C5. Comprender en profundidad y aplicar los conocimientos, métodos y herramientas de la ingeniería espacial al análisis de los sistemas de potencia de los vehículos espaciales.
- C6. Comprender en profundidad y aplicar los conocimientos, métodos y herramientas de la ingeniería espacial al análisis y diseño de las comunicaciones de los sistemas espaciales.
- C7. Comprender en profundidad y aplicar los conocimientos, métodos y herramientas de la ingeniería espacial al análisis y diseño de la aviónica de los vehículos espaciales.
- C8. Comprender en profundidad y aplicar los conocimientos, métodos y herramientas de la ingeniería espacial al análisis y diseño de operaciones y segmento terreno de sistemas espaciales.
- C9. Comprender en profundidad y aplicar los conocimientos, métodos y herramientas de la ingeniería espacial al análisis y diseño de sensores e instrumentos utilizados en misiones espaciales.
- C10. Comprender en profundidad y aplicar los conocimientos, métodos y herramientas de la ingeniería espacial a la vigilancia espacial y clean space.

Habilidades o destrezas (Skills)

Este apartado recoge las categorías 2 y 3 de la taxonomía CDIO: 2. Personal and profesional skills, 3. Interpersonal skills. Son destrezas que permiten desarrollar la actividad profesional de manera eficiente y efectiva. En particular, se incluyen las habilidades relacionadas con: 2.1. Analytical Reasoning and Problem Solving, 2.2. Experimentation, Investigation and Knowledge Discovery, 2.3 System Thinking, 2.4 Attitudes, Thought and Learning, 2.5 Ethics, Equity and Other Responsibilities, 3.1 Teamwork, 3.2 Communications, 3.3 Communication in Foreign Languages. A continuación, se listan las habilidades que los estudiantes adquieren en el curso del máster:

- H1. Capacidad para aplicar los conocimientos adquiridos para proporcionar soluciones originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- H2. Capacidad para aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- H3. Capacidad para integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- H4. Capacidad para comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- H5. Habilidad de aprendizaje que permita continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

- H6. Capacidad para la formulación, comprobación crítica y defensa de hipótesis, así como el diseño de pruebas experimentales para su verificación.
- H7. Capacidad de realizar juicios de valor y priorizar en la toma de decisiones conflictivas utilizando un el pensamiento sistémico.
- H8. Capacidad para analizar y corregir el impacto ambiental y social de las soluciones técnicas de cualquier sistema espacial.
- H9. Capacidad para trabajar en equipos multidisciplinares de manera cooperativa para completar tareas de trabajo.
- H10. Capacidad para manejar el idioma inglés, técnico y coloquial.
- H11. Capacidad para conocer adecuadamente el contexto empresarial del sector profesional, así como conocer y comprender la legislación de aplicación en el ejercicio de la profesión.

Competencias (Competences)

Este apartado recoge la categoría 4 de la taxonomía CDIO: 4. Concept, Design, Implement, Operate. Son competencias relacionadas con el ciclo de vida de los productos de ingeniería, y que proporcionan las competencias necesarias para participar de manera eficiente y efectiva en dicho ciclo. En particular, se incluyen las competencias relacionadas con: 4.1 External, Societal and Environmental Context, 4.2 Enterprise and Business Context, 4.3 Conceiving, System Engineering and Management, 4.4 Designing, 4.5 Implementing, 4.6 Operating. A continuación, se listan las competencias que los estudiantes adquieren en el curso del máster:

- CM1. - Capacidad para concebir productos espaciales que respondan a las necesidades de los agentes involucrados, definiendo funciones, conceptos y arquitectura, así como desarrollar la gestión del proyecto.
- CM2. - Capacidad para planificar y desarrollar el diseño de productos espaciales en sus distintas fases
- CM3. - Capacidad para desarrollar un sistema completo de interés que cumpla con las especificaciones de diseño y las expectativas de los interesados. Esto incluye la producción de productos; adquirir, reutilizar o codificar productos; integrar productos en ensamblajes de nivel superior; verificar productos contra especificaciones de diseño; validar los productos contra las expectativas de las partes interesadas; y la transición de productos al siguiente nivel del sistema.
- CM4. - Capacidad para gestionar las actividades técnicas durante el ciclo de vida del proyecto
- CM5. - Capacidad para realizar, presentar y defender un ejercicio original realizado individualmente ante un tribunal, consistente en un proyecto integral de Ingeniería Espacial de naturaleza profesional en el que se sinteticen las competencias adquiridas en las enseñanzas, se ejercitará a través del Trabajo Fin de Máster.

Knowledge

This section includes category 1 of the CDIO taxonomy (Technical Knowledge and reasoning). In particular sections 1.2. Core Engineering Fundamental Knowledge and 1.3. Advanced Eng. Fundamental Knowledge, Methods, Tools. On the other hand, to categorize the specific knowledge of the space engineering area, the space engineering taxonomy developed by the Plataforma Aeroespacial Española (PAE) has been used. Thus, the specific competencies are defined in correspondence with the 16 technological and research domains defined therein. The taxonomy of the PAE on space can be consulted at: https://plataforma-aeroeshttps://plataforma-aeroespacial.es/wp-content/uploads/2017/10/PAE-STX-REP-01_03.pdf

The knowledge that students acquire in the master's course is listed below:

- *C1. Understand in depth and apply the knowledge, methods and tools of space engineering to the analysis and design of the guidance, navigation and control subsystem of space vehicles, as well as to mission analysis.*
- *C2. Understand and apply the knowledge, methods and tools of space engineering to the analysis and design of the propulsion subsystem of space vehicles.*
- *C3. Understand in depth and apply the knowledge, methods and tools of space engineering to the analysis and design of space structures, materials and mechanisms.*
- *C4. Understand in depth and apply the knowledge, methods and tools of space engineering to the analysis and design of the thermal subsystem of space vehicles.*
- *C5. Understand in depth and apply the knowledge, methods and tools of space engineering to the analysis of power systems of space vehicles.*
- *C6. Understand in depth and apply the knowledge, methods and tools of space engineering to the analysis and design of the communications of space systems.*
- *C7. Understand in depth and apply the knowledge, methods and tools of space engineering to the analysis and design of the avionics of space vehicles.*
- *C8. Understand in depth and apply the knowledge, methods and tools of space engineering to the analysis and design of operations and the ground segment of space systems.*
- *C9. Understand in depth and apply the knowledge, methods and tools of space engineering to the analysis and design of sensors and instruments used in space missions.*
- *C10. Understand in depth and apply the knowledge, methods and tools of space engineering to space surveillance and clean space.*

Skills

This section includes categories 2 and 3 of the CDIO taxonomy: 2. Personal and professional skills, 3. Interpersonal skills. They are skills that allow the professional activity to be carried out efficiently and effectively. In particular,

skills related to: 2.1. Analytical Reasoning and Problem Solving, 2.2. Experimentation, Investigation and Knowledge Discovery, 2.3 System Thinking, 2.4 Attitudes, Thought and Learning, 2.5 Ethics, Equity and Other Responsibilities, 3.1 Teamwork, 3.2 Communications, 3.3 Communication in Foreign Languages. The skills that students acquire in the master's course are listed below:

- H1. Ability to apply the knowledge acquired to provide original solutions in the development and/or application of ideas, often in a research context.
- H2. Ability to apply the knowledge acquired and their ability to solve problems in new or little-known environments within broader (or multidisciplinary) contexts related to their area of study.
- H3. Ability to integrate knowledge and face the complexity of formulating judgments based on information that, being incomplete or limited, includes reflections on the social and ethical responsibilities linked to the application of their knowledge and judgments.
- H4. Ability to communicate their conclusions and the ultimate knowledge and reasons that support them to specialized and non-specialized audiences in a clear and unambiguous way.
- H5. Learning ability that allows you to continue studying in a way that will have to be largely self-directed or autonomous.
- H6. Capacity for the formulation, critical verification and defence of hypotheses, as well as the design of experimental tests for their verification.
- H7. Ability to make value judgments and prioritize when making conflicting decisions using systemic thinking.
- H8. Ability to analyse and correct the environmental and social impact of the technical solutions of any spatial system.
- H9. Ability to work cooperatively in multidisciplinary teams to complete work tasks.
- H10. Ability to handle the English language, technical and colloquial.
- H11. Ability to adequately know the business context of the professional sector, as well as know and understand the applicable legislation in the exercise of the profession.

Competences

This section includes category 4 of the CDIO taxonomy: 4. Concept, Design, Implement, Operate. They are competencies related to the life cycle of engineering products, and which provide the necessary competencies to participate efficiently and effectively in said cycle. In particular, competencies related to: 4.1 External, Societal and Environmental Context, 4.2 Enterprise and Business Context, 4.3 Conceiving, System Engineering and Management, 4.4 Designing, 4.5 Implementing, 4.6 Operating are included. The skills that students acquire in the master's degree are listed below:

- CM1. - Ability to conceive space products that meet the needs of the agents involved, defining functions, concepts and architecture, as well as developing project management.
- CM2. - Ability to plan and develop the design of space products in its different phases

- *CM3. - Ability to develop a complete system of interest that meets design specifications and stakeholder expectations. This includes the manufacturing of products; purchase, reuse or code products; integrate products into higher level assemblies; verify products against design specifications; validate products against stakeholder expectations; and the transition of products to the next level of the system.*
- *CM4. - Ability to manage technical activities during the project life cycle*
- *CM5. - Ability to carry out, present and defend an original exercise carried out individually before a court, consisting of a comprehensive project of Space Engineering of a professional nature in which the skills acquired in the teachings are synthesized, will be exercised through the Final Master's Project.*