



POLITÉCNICA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid
Tel.: 91 336 3060
info.industriales@upm.es

www.industriales.upm.es



Carlota Ardila Jiménez

05 TRABAJO FIN DE GRADO

INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

CONCEPCIÓN, DISEÑO, ESTRUCTURA Y ORGANIZACIÓN DE UN FABLAB EN LA ETSII. INTEGRACIÓN CON LOS PLANES DE ESTUDIO ACTUALES Y POSIBILIDADES FUTURAS

JUNIO 2025

Carlota Ardila Jiménez

DIRECTOR DEL TRABAJO FIN DE GRADO:
Javier Sánchez

TRABAJO FIN DE GRADO PARA
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
GRADUADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



POLITÉCNICA

*“Me lo contaron y lo olvidé; lo vi y lo
entendí; lo hice y lo aprendí.”*

- Confucio

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por brindarme la posibilidad de estudiar y por su apoyo durante estos años.

A los amigos que he hecho durante la carrera, con los que he compartido muchas horas de estudio, que han hecho este camino más fácil y ameno.

A mi tutor de este TFG, Javier, por transmitir su gran interés por los FabLabs y por el proyecto.

A todas las personas que gestionan y trabajan en los espacios que he visitado durante el desarrollo de este trabajo, por su colaboración en este proyecto al compartir su experiencia.

RESUMEN

Este Trabajo de Fin de Grado desarrolla una propuesta integral para la implementación de un FabLab en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UPM, abordando su concepción, diseño, integración en la Escuela y estructura organizativa.

La motivación principal surge de la necesidad de dotar a la ETSII de un espacio abierto y versátil, donde los alumnos, los investigadores y los docentes puedan desarrollar proyectos empleando tecnologías de fabricación digital y de prototipado, promoviendo la creatividad, la innovación y el aprendizaje práctico.

Para ello, se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo de los FabLabs existentes, tanto a nivel nacional como internacional, seleccionando cuatro de ellos para contextualizar y tomar como ejemplo: el FabLab del MIT, el FabLab de la Universidad de Westminster, el FabLab de la ETSIDI UPM y el FabLab del CIEC. Además, se han estudiado e implementado los criterios establecidos por el organismo responsable de la red global de FabLabs, la Fab Foundation: un equipamiento mínimo estandarizado, accesibilidad a nivel mundial, fomento del aprendizaje abierto y el cumplimiento de la Fab Charter [1].

En base a estos requisitos y considerando el contexto particular de la ETSII, se definen tres modelos escalables de FabLab (A, B y C), que varían en complejidad y en coste. Los presupuestos estimados para cada modelo se muestran en Table a.

Modelo	Presupuesto inicial	Presupuesto anual
A	8.904,50 €	1.584 €
B	19.923,00 €	3.532 €
C	128.658 €	22.559 €

Table a. Presupuesto de los modelos de FabLab propuestos.

Las tres opciones que se plantean comparten una misma estructura conceptual y operativa:

- Finalidad educativa y formativa, en un espacio donde el conocimiento es compartido y se busca el aprendizaje por medio de la experimentación práctica, evitando el uso del espacio para fines lucrativos de cualquier usuario. Para ello, el FabLab de la ETSII organizará actividades como:
 - Proyectos incluidos en asignaturas curriculares.
 - Participación en competiciones.
 - Cursos formativos de distintos niveles.
 - Colaboraciones con asociaciones universitarias de la ETSII.
 - Servir de herramienta para proyectos de investigación.
- Dos categorías funcionales diferenciadas:
 - Fabricación digital, incluyendo impresoras 3D, todo tipo de cortadoras, fresadoras, etc.
 - Prototipado y electrónica, enfocado a la automatización de productos y de procesos. Se hará especial énfasis en esta categoría, como una manera de diferenciar el FabLab de la ETSII de otros de Madrid en los que este

ámbito está poco desarrollado, y debido a la alta importancia de los procesos automatizados dentro del ámbito industrial.

- Autogestión por parte de los estudiantes, siguiendo el modelo organizativo de las asociaciones de estudiantes universitarios. Será un grupo de alumnos voluntarios el que se encargue del mantenimiento del espacio, de la gestión del presupuesto, la organización de actividades, los temas logísticos del FabLab y de todas las tareas requeridas para su correcto funcionamiento. Será conveniente también la participación de algún profesor de la ETSII involucrado en esta causa, llevando a cabo una supervisión periódica, sin estar demasiado presente en el día a día del FabLab, para preservar lo máximo posible el ambiente de aprendizaje entre pares.
- FabLab como recurso complementario a los ya existentes en la ETSII, sin tratar de sustituir otros laboratorios ni eliminar nada de lo que ya hay en la Escuela. Se plantea como un recurso adicional para alumnos que quieren ir más allá en el ámbito de la ingeniería de una manera transversal.

La incorporación de un FabLab con estas características en la ETSII, alineado e integrado con sus prácticas, reforzaría su posición de referente en la enseñanza de ingeniería mediante el uso de recursos innovadores. Al mismo tiempo, ofrecería a los estudiantes de la Escuela una oportunidad accesible para adquirir y entrenar habilidades, como la creatividad y la capacidad de materializar ideas, que son competencias cada vez más demandadas y valoradas en el entorno profesional de la ingeniería.

Este Trabajo de Fin de Grado ofrece una hoja de ruta clara, adaptable y realista que demuestra que la implantación de un FabLab similar al propuesto en este proyecto en la ETSII no solamente es viable, sino que traería consigo beneficios tanto para la Escuela como para sus alumnos.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	III
ÍNDICE	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	1
2.1. OBJETIVOS	1
2.2. METODOLOGÍA.....	1
3. ACERCAMIENTO TEÓRICO	1
3.1. ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO	1
3.1.1. NORMATIVA UNIVERSITARIA APLICABLE	1
3.1.2. SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	1
3.1.3. PROTECCIÓN DE DATOS Y PROPIEDAD INTELECTUAL	2
3.1.4. GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL	2
3.2. ANÁLISIS ESTÁNDARES DE APLICACIÓN.....	2
3.2.1. ESTÁNDARES DE LA FAB FOUNDATION	2
3.2.2. ESTÁNDARES EDUCATIVOS	3
3.2.3. PROTOCOLO OPERATIVO Y DE USO.....	3
3.3. DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES HERRAMIENTAS DE UN FABLAB.....	4
4. ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES FABLABS	9
4.1. FABLAB DEL MIT	9
4.1.1. REQUISITOS DE USO	10
4.1.2. ORGANIZACIÓN	10
4.1.3. ESPACIO Y EQUIPOS	11
4.1.4. ACTIVIDADES.....	11
4.2. FABLAB DE LA ETSIDI	12
4.2.1. REQUISITOS DE USO	12
4.2.2. ORGANIZACIÓN	12
4.2.3. ESPACIO Y EQUIPOS	13
4.2.4. ACTIVIDADES.....	15
4.3. FABLAB DE LA UNIVERSIDAD DE WESTMINSTER.....	15
4.3.1. REQUISITOS DE USO	16
4.3.2. ORGANIZACIÓN	16
4.3.3. ESPACIO Y EQUIPOS	16
4.3.4. ACTIVIDADES.....	19
4.4. FABLAB DEL CEIC.....	20
4.4.1. REQUISITOS DE USO	21
4.4.2. ORGANIZACIÓN	21
4.4.3. ESPACIO Y EQUIPAMIENTO	21
4.4.4. ACTIVIDADES.....	23

5.	POTENCIAL INTEGRACIÓN DEL FABLAB EN LA ETSII	25
5.1.	POTENCIAL INTEGRACIÓN DEL FABLAB EN EL PLAN DE ESTUDIOS.....	25
5.1.1.	ANÁLISIS DE LA OFERTA ACADÉMICA DE LA ETSII.....	25
5.1.2.	INTEGRACIÓN EN ASIGNATURAS YA EXISTENTES	26
5.1.3.	INGENIA	29
5.1.4.	TFG / TFM.....	30
5.1.5.	ASIGNATURAS OPTATIVAS / DE COMPETENCIAS	32
5.2.	VÍNCULOS CON ASOCIACIONES ESTUDIANTILES DE LA ETSII	33
5.2.1.	RESET	33
5.2.2.	ACEII-KW	34
5.2.3.	UMP RACING.....	34
5.2.4.	Asociación de antiguos alumnos ETSII	35
5.3.	INVESTIGACIÓN / DOCTORADOS.....	35
5.4.	PROPUESTA DE CURSOS FORMATIVOS.....	36
5.5.	CONCURSOS / COMPETICIONES	37
5.5.1.	XTRACHALLENGE.....	38
5.5.2.	ACTÚA UPM	38
5.5.3.	INDESIAHACK	39
5.5.4.	EUDIS DEFENSE HACKATHON	40
5.6.	ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN	40
5.6.1.	AULA.....	40
5.6.2.	JORNADAS DE PUERTAS ABIERTAS	41
5.6.3.	LA INGENIERÍA EN TUS MANOS.....	41
6.	PROPUESTAS DE MODELO DE FABLAB EN LA ETSII.....	43
6.1.	EQUIPAMIENTO	43
6.1.1.	EQUIPAMIENTO DEL MODELO A.....	43
6.1.2.	EQUIPAMIENTO DEL MODELO B.....	44
6.1.3.	EQUIPAMIENTO DEL MODELO C.....	46
6.2.	ESPACIO Y DISTRIBUCIÓN.....	48
6.2.1.	DISPOSICIÓN DEL FABLAB A	50
6.2.2.	DISPOSICIÓN DEL FABLAB B	51
6.2.3.	DISPOSICIÓN DEL FABLAB C	52
6.3.	INSTALACIONES AUXILIARES.....	52
6.4.	TIENDA DEL FABLAB.....	52
6.5.	PRESUPUESTO.....	54
6.5.1.	PRESUPUESTO INICIAL	54
6.5.1.4.	RESUMEN Y COMPARACIÓN DE PRESUPUESTOS INICIALES	59
6.5.2.	PRESUPUESTO ANUAL	60
6.6.	INGRESOS DEL FABLAB	62
6.7.	ORGANIZACIÓN DEL FABLAB	62
6.8.	REMUNERACIÓN DE ESTUDIANTES RESPONSABLES	64
7.	EVALUACIÓN DE IMPACTOS	65
7.1.	IMPACTO SOCIAL, ECONÓMICO, MEDIOAMBIENTAL, ETC.	65
7.1.1.	IMPACTO SOCIAL	65
7.1.2.	IMPACTO ECONÓMICO	65
7.1.3.	IMPACTO MEDIOAMBIENTAL	66
7.1.4.	IMPACTO EDUCATIVO	66

7.2.	ANÁLISIS DE ASPECTOS ÉTICOS PERTINENTES A SU ELABORACIÓN Y/O APLICACIÓN	66
7.3.	CONTRIBUCIÓN A LOS ODS.....	67
8.	PLANIFICACIÓN Y PRESUPUESTO DEL TFG	69
8.1.	PLANIFICACIÓN DEL TFG	69
8.2.	PRESUPUESTO DEL TFG	70
9.	CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS	73
9.1.	CONCLUSIONES.....	73
9.2.	LÍNEAS FUTURAS.....	74
REFERENCIAS.....		¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS		79
I.	SIGLAS Y ACRÓNIMOS	79
II.	VISITAS PRESENCIALES	81
III.	EQUIPOS DEL FABLAB DEL MIT	84
IV.	PLAN DE ESTUDIOS DE LA ETSII.....	95
V.	PROYECTOS PROPUESTOS PARA ALGUNAS ASIGNATURAS.....	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Asignaturas del Grupo A del plan de estudios de la ETSII. Fuente: elaboración propia.	28
Tabla 2. Competiciones propuestas para ser promocionadas en el FabLab. Fuente: elaboración propia.	38
Tabla 3. Herramientas propuestas para el modelo A. Fuente: elaboración propia.	44
Tabla 4. Herramientas propuestas para el modelo B. Fuente: elaboración propia.	46
Tabla 5. Herramientas propuestas para el modelo C. Fuente: elaboración propia.	48
Tabla 6. Mobiliario propuesto para el FabLab. Fuente: elaboración propia.	49
Tabla 7. Medidas y código de colores de todas las máquinas de los modelos. Fuente: elaboración propia.	50
Tabla 8. Precios de las máquinas propuestas para el modelo de FabLab A. Fuente: elaboración propia.	55
Tabla 9. Precio del mobiliario necesario para el modelo de FabLab A. Fuente: elaboración propia.	55
Tabla 10. Inventario inicial para la tienda del FabLab del modelo A. Fuente: elaboración propia.	56
Tabla 11. Precios de las máquinas propuestas para el modelo de FabLab B. Fuente: elaboración propia.	56
Tabla 12. Precio del mobiliario necesario para el modelo de FabLab B. Fuente: elaboración propia.	57
Tabla 13. Inventario inicial para la tienda del FabLab del modelo B. Fuente: elaboración propia.	57
Tabla 14. Precios de las máquinas propuestas para el modelo de FabLab C. Fuente: elaboración propia.	58
Tabla 15. Precio del mobiliario necesario para el modelo de FabLab C. Fuente: elaboración propia.	58
Tabla 16. Inventario inicial para la tienda del FabLab del modelo C. Fuente: elaboración propia.	59
Tabla 17. Resumen de presupuestos iniciales de los tres modelos. Fuente: elaboración propia.	59

Tabla 18. Coste de amortización anual de los equipos del modelo A. Fuente: elaboración propia.	60
Tabla 19. Coste de amortización anual de los equipos del modelo B. Fuente: elaboración propia.	61
Tabla 20. Coste de amortización anual de los equipos del modelo C. Fuente: elaboración propia.	61
Tabla 21. Resumen del coste de amortización de equipos de los tres modelos. Fuente: elaboración propia.	62
Tabla 22. Presupuesto de este TFG. Fuente: elaboración propia.	71
Tabla 23. Equipos del FabLab del MIT. Fuente: [5].	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Logo de Fab Foundation. Fuente: [4].....	2
Figura 2. Ejemplo de cortadora láser. Fuente: OMTech.	4
Figura 3. Ejemplo de impresora 3D. Fuente: Creality.....	4
Figura 4. Ejemplo de fresadora CNC. Fuente: Genmitsu.....	5
Figura 5. Ejemplo de máquina de corte de vinilo. Fuente: VEVOR.	5
Figura 6. Ejemplo de máquina de corte por hilo. Fuente: VEVOR.....	5
Figura 7. Ejemplo de multímetro. Fuente: Fluke.....	6
Figura 8. Ejemplo de estación de soldadura. Fuente: JBC.	6
Figura 9. Ejemplo de osciloscopio. Fuente: PROMAX.	6
Figura 10. Ejemplo de pinzas de precisión para electrónica. Fuente: Novatronic.	6
Figura 11. Ejemplo de protoboard. Fuente: Cetronic.	7
Figura 12. Ejemplo de componentes electrónicos básicos. Fuente: J.M. Semiconductores.	7
Figura 13. Ejemplo de fuente de alimentación. Fuente: UNYKAch.....	7
Figura 14. Ejemplo de jumpers. Fuente: Cetronic.....	7
Figura 15. Ejemplo de microcontrolador. Fuente: RS.....	7
Figura 16. Logo del MIT. Fuente: MIT Brand Guide.	9
Figura 17. Logo del CBA del MIT. Fuente: Center for Bits and Atoms, MIT.	9
Figura 18. Profesor Neil Gershenfeld hablando con el presidente Barack Obama frente a un FabLab móvil en la Casa Blanca, 2014. Fuente: [6].	10
Figura 19. Primer día de clase de MAS.863, 2023. Fuente: [8]	11
Figura 20. Logo del FabLab ETSIDI. Fuente: [9].	12
Figura 21. Distribución en planta del FabLab de la ETSIDI. Fuente: [9]	13
Figura 22. Zona limpia del FabLab de la ETSIDI. Fuente: elaboración propia.	14
Figura 23. Zona de impresión 3D del FabLab de la ETSIDI. Fuente: elaboración propia.	14
Figura 24. Algunos objetos fabricados en el FabLab de la ETSIDI. Fuente: elaboración propia.	14

Figura 25. Logo de la Universidad de Westminster. Fuente: University of Westminster.	15
Figura 26. Logo del FabLab de Westminster. Fuente: [10].	16
Figura 27. Taller de carpintería del FabLab de la Universidad de Westminster. Fuente: [10].	17
Figura 28. Taller de metal del FabLab de la Universidad de Westminster. Fuente: [10].	17
Figura 29. Taller láser del FabLab de la Universidad de Westminster. Fuente: [10].	17
Figura 30. Taller CNC del FabLab de la Universidad de Westminster. Fuente: [10].	17
Figura 31. Área de impresión 3D del FabLab de la Universidad de Westminster. Fuente: [10].	18
Figura 32. Taller de fabricación por adición del FabLab de la Universidad de Westminster. Fuente: [10].	18
Figura 33. Laboratorio de fundición del FabLab de la Universidad de Westminster. Fuente: [10].	18
Figura 34. Imprenta del FabLab de la Universidad de Westminster. Fuente: [10].	18
Figura 35. Centro de materiales del FabLab de la Universidad de Westminster. Fuente: [10].	19
Figura 36. Espacio de desarrollo de proyectos del FabLab de la Universidad de Westminster. Fuente: [10].	19
Figura 37. Logo del CIEC. Fuente: [11].	20
Figura 38. Espacio con impresoras 3D del FabLab del CIEC. Fuente: elaboración propia.	22
Figura 39. Máquina de reciclaje de plástico del FabLab del CIEC. Fuente: elaboración propia.	22
Figura 40. Máquinas de coser y filamento para impresoras 3D del FabLab del CIEC. Fuente: elaboración propia.	22
Figura 41. Sala de corte láser y fresado. Fuente: elaboración propia.	22
Figura 42. Fresadora y cortadora láser del FabLab del CIEC. Fuente: elaboración propia.	23
Figura 43. Logo de la asignatura INGENIA. Fuente: Industriales UPM.	29
Figura 44. Producto creado en el TFG de Adrián Siegberts Rieker. Fuente: [13].	31
Figura 45. Producto creado en el TFG de Samuel Merino Medranda. Fuente: [14].	31

Figura 46. Producto creado en el TFG de Alejandro Delgado Lamothe. Fuente: [15] ..	31
Figura 47. Logo de RESET. Fuente: [16].....	33
Figura 48. Robot ganador de Cybertech en 2012. Fuente: Escuela Industriales UPM. .	33
Figura 49. Monoplaza presentado por el equipo UPM Racing en el Formula Student Electric 2021. Fuente: Universidad Politécnica de Madrid.	34
Figura 50. Logo de la Asociación de Antiguos Alumnos de la ETSII UPM. Fuente: [19].	35
Figura 51. Actividad formativa del FabLab de la Universidad de Nebrija. Fuente: [20].	36
Figura 52. Logo del XtraChallenge de 2023. Fuente: [22].....	38
Figura 53. Logo de Actúa UPM. Fuente: [23].....	39
Figura 54. Logo INDESIAhack. Fuente: [24].	39
Figura 55. Logo de EUDIS hackathon. Fuente: [25].....	40
Figura 56. Celebración de la feria AULA. Fuente: Ifema Madrid.	41
Figura 57. Logo del concurso La Ingeniería en tus Manos. Fuente: [26].....	42
Figura 58. Plano esquemático a escala del modelo de FabLab A. Fuente: elaboración propia.	51
Figura 59. Plano esquemático a escala del modelo de FabLab B. Fuente: elaboración propia.	51
Figura 60. Plano esquemático a escala del modelo de FabLab C. Fuente: elaboración propia.	52
Figura 61. Organigrama del FabLab. Fuente: elaboración propia.....	63
Figura 62. Diagrama de Gantt de la ejecución del TFG. Fuente: elaboración propia.	70
Figura 63. Sala de CNC y láser del FabLab del CIEC. Fuente: elaboración propia.	82

1. INTRODUCCIÓN

La palabra *FabLab* es un acrónimo de “Fabrication Laboratory”. Este concepto surge en el año 2001 como una iniciativa del CBA (Center for Bits and Atoms) del MIT, dirigida por el profesor Neil Gershenfeld, con la misión de democratizar el acceso a las herramientas de fabricación digital y proporcionar los recursos a individuos y comunidades para materializar ideas con la utilización de tecnologías versátiles y abordables.

El concepto de FabLab está basado en una filosofía abierta, educativa y colaborativa. Un FabLab no es solamente un taller con herramientas de última tecnología, sino que se trata de un entorno de colaboración donde personas como estudiantes, docentes, emprendedores e investigadores pueden compartir conocimientos, materializar físicamente sus ideas y experimentar con prototipos y materiales.

La era actual está marcada por la rápida evolución de las tecnologías digitales y por la democratización del acceso a herramientas de diseño y fabricación avanzada. Esta situación ha propiciado la creación de espacios como los FabLab. Desde su creación en el año 2001, han surgido más de 2300 FabLabs en más de 120 países.

Las universidades más prestigiosas y punteras del mundo ya han establecido un FabLab en sus instalaciones o están en el proceso. Estos espacios se están convirtiendo en recursos clave en el contexto de la educación científica y técnica para el desarrollo de competencias técnicas, de habilidades transversales y para el fomento de la innovación entre los estudiantes universitarios.

La Universidad Politécnica de Madrid fue reconocida en 2024 como la mejor universidad española para estudiar Ingeniería de Tecnologías Industriales según el ranking de El Mundo [2], y se sitúa entre las 100 mejores universidades a nivel mundial en el ámbito de Ingeniería y Tecnología según QS World University Rankings 2025 [3]. Estos datos reflejan la sólida posición de la UPM en el ámbito de la ingeniería, respaldando la relevancia de la ETSII como una de las principales escuelas de Ingeniería Industrial en España y con proyección internacional. Pese a la buena reputación de la ETSII y precisamente por esa razón, es importante mantener la Escuela en evolución constante, preparada para afrontar los retos formativos del futuro.

En este contexto, resulta fundamental observar y aprender de las universidades líderes que sirven de referente en la formación de ingenieros a nivel internacional, como son el MIT o la Universidad de Stanford, entre otras. En estas universidades los espacios como los FabLabs, además de formar parte de la infraestructura técnica, están completamente integrados en la experiencia académica de los estudiantes. Estas instituciones educativas han comprobado que el aprendizaje en la ingeniería se enriquece significativamente cuando va más allá de la teoría. Proporcionar a los estudiantes herramientas con las que poder materializar sus ideas, experimentar con objetos físicos y aprender a través del error, potencia su creatividad y comprensión. Al aplicar conocimientos abstractos en la fabricación digital y el montaje de sistemas, las competencias técnicas se consolidan de manera más profunda y duradera, además de lograr un mayor desarrollo en habilidades como la creatividad, el trabajo en equipo o la gestión de proyectos.

La incorporación de un entorno con estas características en la ETSII – ya sea como parte de las actividades curriculares o como un recurso abierto extracurricular – ofrecería a los estudiantes un espacio físico centralizado con el equipamiento necesario para innovar, crear e investigar. Esto permitiría replicar con fidelidad escenarios reales del sector industrial y tecnológico, facilitando la transición del alumnado al entorno profesional, enriqueciendo su formación técnica y reforzando el prestigio de la ETSII.

Actualmente, aunque la ETSII cuenta con una amplia variedad de equipos y herramientas, estos se encuentran dispersos entre los diferentes laboratorios y talleres, lo que dificulta su acceso y uso integral bajo una normativa común. Incluso cuenta con un espacio FabLab pero que no está en funcionamiento de momento.

Es importante señalar que, aunque actualmente existe un espacio FabLab en la ETSII, no se encuentra en funcionamiento por distintos motivos. Este proyecto parte desde cero con la intención de mostrar una visión completa del potencial que podría alcanzar un FabLab operativo en la ETSII. En ningún caso se pretende reemplazar o eliminar lo que ya existe, sino aportar una propuesta estructurada que podría ser aplicada en el espacio ya disponible o desarrollarse en otra ubicación aprovechando la infraestructura ya existente. Este TFG sienta las bases para una futura implementación realista y alineada con las necesidades tecnológicas y educativas de la ETSII.

Este TFG pretende hacer una propuesta integral para incluir un FabLab en la ETSII, abarcando aspectos desde el diseño del espacio conforme a los estándares de la Fab Foundation hasta su articulación dentro de las actividades de la Escuela. El FabLab se concebirá como recurso abierto para estudiantes, profesorado, personal investigador, personas externas a la universidad e incluso colaboraciones con entidades externas. Se plantearán tres modelos escalables de FabLab, para proporcionar varias alternativas diferentes y viables, en función de los recursos disponibles.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es la concepción general de un FabLab en la ETSII que se integre en las actividades docentes, en los proyectos de investigación, de forma que contribuya en el desarrollo de las habilidades de alumnos y profesores, fomentando su creatividad, interés por la innovación y trabajo en equipo.

Este proyecto, por tanto, abarcará la selección del equipamiento del FabLab, el diseño de su espacio físico y de su sistema de organización, además de su integración en los planes de estudio de la ETSII y el planteamiento de actividades complementarias a las curriculares.

Para esto, habrá que llevar a cabo las siguientes tareas:

- Analizar y comparar los FabLabs nacionales e internacionales que sirvan como referencia en los ámbitos organizativo, educativo y funcional.
- Estudiar la alineación del FabLab con los principios y estándares de la Fab Foundation.
- Definir las necesidades técnicas y materiales para el equipamiento del FabLab, así como su escalabilidad futura.
- Diseñar la distribución funcional del espacio y las zonas de trabajo.
- Establecer una propuesta de estructura de gobernanza y autogestión, preferiblemente liderada por alumnos.
- Proponer formas de integración curricular con asignaturas y proyectos ya existentes y explorar actividades extracurriculares.

2.2. METODOLOGÍA

El desarrollo de este TFG se planteará desde un enfoque analítico y técnico, combinando la investigación con el análisis comparativo y el diseño de un espacio funcional. Al ser una propuesta académica orientada a una futura implementación real, se buscará un equilibrio entre la viabilidad y la ambición de innovación educativa.

Se llevará a cabo una revisión bibliográfica acerca de los FabLabs, principalmente en el contexto universitario, a nivel nacional e internacional. Este análisis tendrá como objetivo identificar las claves de funcionamiento y los impactos de estos espacios. Este estudio se complementará con visitas presenciales a FabLabs de Madrid en funcionamiento y a asociaciones universitarias para conocer su sistema de organización.

Será necesario hacer una exploración de las ofertas curriculares y extracurriculares de la ETSII, para identificar dónde tendrá mayor utilidad o beneficio el uso del FabLab y para proponer ideas nuevas que no existan aún.

Además, se realizarán estimaciones económicas y técnicas de cada una de las tres propuestas de creación de un FabLab en la ETSII, que se presentarán en este TFG.

El desarrollo del trabajo seguirá un esquema iterativo donde, a medida que se obtenga nueva información, las propuestas se irán reajustando, tratando de alcanzar el mayor grado de coherencia y realismo posibles para facilitar la aplicabilidad futura de este proyecto.

3. ACERCAMIENTO TEÓRICO

3.1. ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO

La implantación de un FabLab dentro de una institución educativa como la ETSII, implica atender a unas determinadas normativas ya establecidas que afectan a espacios con estas características. A continuación, se va a analizar el marco normativo, tanto en el ámbito interno de la ETSII y de la UPM, como leyes de ámbito nacional. Conocer y aplicar estas normativas es fundamental para asegurar un correcto funcionamiento del FabLab.

3.1.1. NORMATIVA UNIVERSITARIA APLICABLE

En el ámbito universitario, existe un marco normativo amplio que regula tanto la organización interna como los procedimientos de evaluación y la gestión de los espacios. Sin embargo, para este caso concreto, destacan especialmente:

- **Estatutos de la UPM**, que regulan la creación de servicios, laboratorios y la responsabilidad de los órganos de gobierno sobre la seguridad en sus espacios.
- **Normativa interna de evaluación de la ETSII**, sobre los requisitos a la hora de realizar actividades de evaluación, entre los que se incluyen la igualdad de oportunidades entre los estudiantes, la transparencia en sistemas de evaluación y una distribución uniforme del trabajo durante los cuatrimestres.

3.1.2. SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

En materia de seguridad y salud en el trabajo, existe un marco legal muy amplio que regula las condiciones y medidas preventivas en los entornos laborales. No obstante, la referencia fundamental en este ámbito es:

- **Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales**, extendido a los usuarios del FabLab, para garantizar su protección sin necesidad de que exista una relación laboral directa con el FabLab. Esta ley incluye algunas normativas clave:
 - o **RD 486/1997**, sobre las disposiciones mínimas de lugares de trabajo, incluyendo ventilación, señalización, iluminación y emergencias.
 - o **RD 1215/1997**, acerca de los equipos de trabajo como las impresoras 3D, fresadoras CNC o cortadoras láser, garantizando la seguridad en el uso de las máquinas.
 - o **RD 1644/2008**, que obliga a todo equipo nuevo a disponer de documentación técnica y marcado CE.
 - o **IEC 60825-1**, que clasifica y regula la protección necesaria para el uso láseres.

3.1.3. PROTECCIÓN DE DATOS Y PROPIEDAD INTELECTUAL

En el ámbito de la protección de datos y la propiedad intelectual, la regulación es extensa y de obligado cumplimiento para cualquier entidad que maneje información personal, destacando:

- **Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos Personales y Garantía de los Derechos Digitales**, que debe ser respetada en todo momento, especialmente en los procesos de registro de usuarios y proyectos. Esta ley establece, entre otros aspectos, que el tratamiento de datos personales debe realizarse con exactitud, confidencialidad y siempre con el consentimiento expreso del interesado.

3.1.4. GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

Existen varias normativas relacionadas con la correcta gestión de residuos de todo tipo, pero la que más afecta a un FabLab es la que habla sobre RAEE (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos):

- **Directiva 2012/19/UE sobre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos**, que, además de promover la prevención de generación de residuos, el reciclaje y la reutilización, establece un procedimiento común para la recogida selectiva de residuos RAEE.

3.2. ANÁLISIS ESTÁNDARES DE APLICACIÓN

Además de cumplir con el marco normativo, la instalación y el funcionamiento de un FabLab debe respetar unos estándares marcados por entidades referentes en los ámbitos educativo y de fabricación digital.

3.2.1. ESTÁNDARES DE LA FAB FOUNDATION

Fab Foundation es, en gran parte, responsable de la exitosa expansión mundial de los FabLabs. La Fab Foundation es una entidad nacida en 2009 que reconoce y determina los principios comunes, los requisitos mínimos y la red global de los FabLabs existentes.



Figura 1. Logo de Fab Foundation. Fuente: [4].

La Fab Foundation exige cuatro requisitos mínimos para que un espacio pueda considerarse un FabLab [4]:

1. **Acceso abierto:** cierto nivel de acceso público o estudiantil, dependiendo del contexto institucional o estudiantil, debe estar garantizado, siguiendo la filosofía abierta y colaborativa característica
2. Compromiso con la ***Fab Charter*** [1]
3. **Infraestructura técnica mínima común:** con el objetivo de que todos los FabLabs de la red oficial puedan compartir diseños y técnicas de trabajo sin apenas dificultad
 - a. Cortadora láser capaz de crear objetos en 2D y en 3D
 - b. Impresora 3D
 - c. Fresadora CNC de alta resolución
 - d. Máquina de vinilo o corte por hilo
 - e. Equipamiento básico de electrónica
 - f. Kits de microcontroladores programables
 - g. Ordenadores con software de diseño
4. **Participación de la red global:** el objetivo de un FabLab no debe ser nunca aislarse del resto, sino formar parte de una comunidad donde se comparte el conocimiento mediante videoconferencias, asistiendo al encuentro anual de FabLabs, colaborando con otros laboratorios...

3.2.2. ESTÁNDARES EDUCATIVOS

Al ser un recurso complementario a la formación universitaria, el FabLab y las actividades desarrolladas en él deben estar alineados con ciertas metodologías docentes que lo legitimen como herramienta de desarrollo de competencias:

- **ABP** (Aprendizaje Basado en Proyectos), fomentando el trabajo práctico conectado con los conceptos teóricos.
- **Competencias STEAM**, permitiendo el desarrollo de varias dimensiones de la educación STEAM de manera simultánea.
- **Design Thinking**, que se enfoca en el usuario para resolver problemas de manera creativa. El FabLab permite la iteración de prototipos, por su posibilidad de fabricación y testeo a bajo coste.

3.2.3. PROTOCOLO OPERATIVO Y DE USO

La gran mayoría de FabLabs universitarios tienen unos requisitos comunes acerca del buen uso del espacio:

- Formación obligatoria en seguridad: firma de un documento con las normas de seguridad del FabLab y un posible examen previo al trabajo en el espacio.
- Registro de reservas: para llevar la trazabilidad del uso de los equipos.
- Jornadas de puertas abiertas: momentos en los cuales el FabLab está disponible para personas que no son estudiantes o personal de la universidad.

3.3. DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES HERRAMIENTAS DE UN FABLAB

A continuación, se va a hacer una explicación detallada de cada uno de los equipos que forman parte de la infraestructura técnica mínima de un FabLab, junto con ejemplos de su uso en un contexto de fabricación digital.

- **Cortadora láser:** máquina que, con un rayo láser de alta precisión, realiza cortes y grabados detallados y complejos en dos o tres dimensiones. El haz de luz se dirige mediante lentes y espejos hacia la superficie del material que se quiere manipular.
 - Materiales con los que trabaja: madera, cartón, tela, acrílico, cuero, papel.
 - Usos en un FabLab: prototipos 2D y 3D, maquetas, piezas decorativas, plantillas, elementos de empaquetamiento.



Figura 2. Ejemplo de cortadora láser. Fuente: OMTEch.

- **Impresora 3D:** dispositivo que permite fabricar objetos tridimensionales desde cero empleando la técnica de fabricación aditiva, que consiste en la adición sucesiva de capas material que obedece a un diseño digital previamente creado por software CAD.
 - Materiales con los que trabaja: plástico fundido, resina, metal.
 - Usos en un FabLab: prototipado de piezas mecánicas, carcasas, estructuras geométricas complejas, herramientas personalizadas.

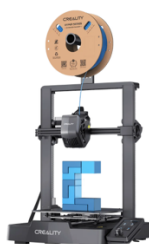


Figura 3. Ejemplo de impresora 3D. Fuente: Creality.

- **Fresadora CNC:** máquina que emplea herramientas rotativas, denominadas fresas, para realizar perforaciones, cortes o grabados en materiales sólidos. Un ordenador guía el movimiento de las fresas, tras interpretar un diseño digital.
 - Materiales con los que trabaja: plástico, madera, espuma rígida, aluminio, metales blandos.
 - Usos en un FabLab: piezas funcionales de alta resistencia, moldes, grabados con relieve, componente de ensamblajes mecánico.

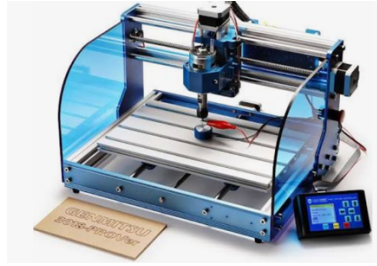


Figura 4. Ejemplo de fresadora CNC. Fuente: Genmitsu.

- **Máquina de corte de vinilo:** cortadora que sirve para cortar formas sobre materiales finos, empleando una cuchilla controlada electrónicamente, siguiendo trayectorias digitales.
 - Materiales con los que trabaja: papel, cartulina, vinilo adhesivo, film textil.
 - Usos en un FabLab: pegatinas, rotulación, diseño textil, decoración de superficies, como introducción en diseño vectorial.



Figura 5. Ejemplo de máquina de corte de vinilo. Fuente: VEVOR.

- **Máquina de corte por hilo:** máquina que calienta eléctricamente un hilo, de manera que el calor de este derrite el material, cortándolo mientras se desplaza siguiendo un diseño digital. Permite hacer cortes limpios y precisos con geometrías complejas.
 - Materiales con los que trabaja: espuma de poliestireno expandido o extruido.
 - Usos en un FabLab: maquetas, elementos de empaquetamiento, moldes, piezas decorativas.



Figura 6. Ejemplo de máquina de corte por hilo. Fuente: VEVOR.

- **Equipamiento electrónico básico:** conjunto de herramientas para el diseño, montaje y prueba de circuitos electrónicos.

- Usos en un FabLab: circuitos, dispositivos interactivos, testeo de prototipos electrónicos.
- Está formado por:
 - **Multímetro:** es un instrumento de medición para magnitudes eléctricas como el voltaje, la resistencia y la corriente.



Figura 7. Ejemplo de multímetro. Fuente: Fluke.

- **Estación de soldadura:** es un equipo formado por una base de control de temperatura y un soldador eléctrico, que permite unir componentes electrónicos a PCB.



Figura 8. Ejemplo de estación de soldadura. Fuente: JBC.

- **Osciloscopio:** es un equipo de visualización que muestra gráficas de señales eléctricas en función del tiempo.



Figura 9. Ejemplo de osciloscopio. Fuente: PROMAX.

- **Pinzas de precisión:** es una herramienta mecánica fundamental para trabajar con elementos electrónicos pequeños.



Figura 10. Ejemplo de pinzas de precisión para electrónica. Fuente: Novatronic.

- **Protoboard o placa de prueba:** es una placa en la que, sin necesidad de soldar, se pueden insertar componentes electrónicos y hacer conexiones temporales, de manera que pueden ser reutilizadas.



Figura 11. Ejemplo de protoboard. Fuente: Cetronic.

- **Componentes electrónicos básicos:** son los elementos que forman la base de cualquier circuito. En este grupo se incluyen las resistencias, los condensadores, los diodos y los transistores.

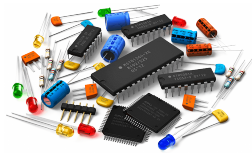


Figura 12. Ejemplo de componentes electrónicos básicos. Fuente: J.M. Semiconductores.

- **Fuentes de alimentación:** son los dispositivos que suministran energía eléctrica a los circuitos electrónicos.



Figura 13. Ejemplo de fuente de alimentación. Fuente: UNYKAch.

- **Jumpers o cables de conexión:** son elementos que permiten conectar componentes de una protoboard.



Figura 14. Ejemplo de jumpers. Fuente: Cetronic.

- **Kits de microcontroladores:** dispositivos electrónicos programables de pequeño tamaño que controlan circuitos electrónicos. Integran todos los elementos necesarios para un funcionamiento autónomo (entradas, salidas y comunicación).
 - Usos en un FabLab: robótica, automatización, instalaciones interactivas.



Figura 15. Ejemplo de microcontrolador. Fuente: RS

4. ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES FABLABS

La Fab Foundation reconoce más de 1.750 FabLabs repartidos por más de 100 países de todo el mundo. Tras hacer una labor de investigación de una gran cantidad de FabLabs, se van a analizar a continuación cuatro de ellos por los siguientes motivos:

- FabLab del MIT: es el primer FabLab que existió y a partir del cual se desarrolla toda la red global. Es conveniente estudiarlo para entender el concepto y el objetivo de un FabLab.
- FabLab de la ETSIDI: se trata de un FabLab sencillo, con alumnos implicados en su funcionamiento y que también pertenece a la UPM.
- FabLab de la Universidad de Westminster: compone un espacio muy amplio y completo, siendo un FabLab referente a nivel mundial. La división por zonas especializadas resulta interesante, destacando su centro de materiales que funciona como una especie de tienda. Estos aspectos pueden adaptarse a la situación de la ETSII para ser incorporados en esta propuesta.
- FabLab del CIEC: es un laboratorio situado en Madrid que pone su foco en la sostenibilidad y en la formación. Es un espacio que pertenece al Ayuntamiento de Madrid.

4.1. FABLAL DEL MIT

El FabLab del MIT [5] se ubica en el Center for Bits and Atoms (CBA) del MIT en Cambridge, Massachusetts.



Figura 16. Logo del MIT. Fuente: MIT Brand Guide.



Figura 17. Logo del CBA del MIT. Fuente: Center for Bits and Atoms, MIT.

Nace en 2001 bajo la dirección del profesor Neil Gershenfeld como parte del CBA y se trata del laboratorio digital que da origen al concepto FabLab y, por tanto, a la red global de FabLabs. El objetivo inicial del laboratorio era conectar la información digital con su respectiva representación física.



Figura 18. Profesor Neil Gershenfeld hablando con el presidente Barack Obama frente a un FabLab móvil en la Casa Blanca, 2014. Fuente: [6].

El CBA y su FabLab cuenta con más de 40 patrocinadores que invierten en su espacio y en sus proyectos. Empresas como Nike, Google o Airbus se encuentran dentro de esta amplia lista.

4.1.1. REQUISITOS DE USO

El uso del FabLab está restringido a aquellos alumnos o personal docente del MIT que haya recibido la formación sobre operación de las herramientas y sobre seguridad en el laboratorio, asegurando así el uso correcto y seguro de las instalaciones y los equipos. Estas personas reciben una tarjeta personal una vez completada la formación pertinente, de manera que pueden acceder al laboratorio.

El horario de uso del taller es diferente para los estudiantes de pregrado y para estudiantes de posgrado y personal del Instituto. El primer grupo, los estudiantes de pregrado, pueden hacer uso del FabLab dentro del horario laboral, que es de 8:00h a 17:00h de lunes a viernes. Por otro lado, tanto estudiantes de posgrado como personal del MIT pueden acceder al laboratorio a cualquier hora del día, cualquier día de la semana.

4.1.2. ORGANIZACIÓN

La organización del FabLab del MIT está bajo la dirección del CBA, por lo que, para hablar de la estructura del equipo encargado del FabLab, es necesario exponer la organización del CBA, que consta de las siguientes figuras:

- Director: desde 2001 y hasta el día de hoy, Neil Gershenfeld es el director del CBA y del FabLab.
- Asistente del director.
- Una persona encargada para cada uno de los siguientes aspectos:
 - Operaciones y acuerdos.
 - Tiendas y laboratorios.
 - Actividades de divulgación.
 - Finanzas.

4.1.3. ESPACIO Y EQUIPOS

El FabLab del MIT comparte instalaciones con el CBA. Este cuenta con una amplia variedad de equipos y herramientas que permiten fabricar y medir objetos de escalas nanométricas hasta objetos de escala arquitectónica.

Se incluye un listado de los equipos que conforman este espacio en el Anexo III, debido al elevado número de estos, y para proporcionar una consulta estructurada y clara.

4.1.4. ACTIVIDADES

Desde sus inicios, el FabLab del MIT ha sido incluido en las diferentes ofertas formativas de esta Universidad. Esta práctica ha tenido y sigue teniendo gran éxito entre los alumnos, que se refleja en la elevada demanda que tienen algunos de estos cursos, como por ejemplo:

- MAS.863 – How to Make (Almost) Anything [7]: este curso está dirigido a estudiantes de posgrado o a estudiantes con algo de experiencia en procesos y herramientas de fabricación digital, con el objetivo de que, al terminar el curso, sean capaces de diseñar y de confeccionar una enorme variedad de objetos haciendo uso de diferentes técnicas de fabricación digital. Uno de los instructores de este curso es Neil Gernshenfeld, director del CBA en la actualidad y, por tanto, director del FabLab.



Figura 19. Primer día de clase de MAS.863, 2023. Fuente: [8]

El FabLab del MIT, al considerarse parte del CBA, está completamente ligado a las labores de investigación que se llevan a cabo por su parte. Principalmente, el CBA estudia las relaciones entre la ciencia física y la informática, buscando maneras de transformar objetos físicos en datos, así como datos en objetos físicos. El FabLab proporciona las herramientas, los equipos y el espacio necesarios para poder llevar a cabo esta labor, así como el ambiente idóneo para experimentar y compartir nuevas ideas de relacionar estos dos mundos.

4.2. FABLAB DE LA ETSIDI

El FabLab de la ETSIDI [9] se localiza en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid, en el distrito de Arganzuela en Madrid.

Este FabLab surge gracias a cinco profesores de la ETSIDI y se inaugura de manera oficial el 15 de marzo de 2016. El objetivo de estos cinco miembros era crear un complemento a la actividad docente que fomentase el interés de los estudiantes por la innovación.



Figura 20. Logo del FabLab ETSIDI. Fuente: [9].

En un primer momento, el FabLab de la ETSIDI fue gestionado por una Asociación sin Ánimo de Lucro. Durante esta etapa, la Asociación logró captar patrocinadores que confiaran y apoyasen la propuesta, además de entrar en la Red Internacional de FabLabs asociados al MIT. Desde el año 2022, el FabLab de la ETSIDI ya no está gestionado por una Asociación sin Ánimo de Lucro, sino que es competencia de la propia ETSIDI, lo que, junto con el persistente apoyo económico de los patrocinadores, ha permitido el crecimiento y la constante adaptación a las nuevas tecnologías del FabLab hasta el día de hoy.

4.2.1. REQUISITOS DE USO

Para manipular una máquina del FabLab de la ETSIDI, se debe disponer de un certificado que respalde que la persona cuenta con los conocimientos necesarios acerca del funcionamiento de dicha máquina, con el objetivo de garantizar un buen uso de los equipos. En caso de no disponer de este certificado, serán los alumnos encargados o el PTGAS que haya en ese momento los que manipulen la herramienta para procesar el material como quiere el usuario. A pesar de eso, cualquier persona que lo necesite puede beneficiarse del servicio de las herramientas de este FabLab, siempre y cuando pague las tarifas correspondientes y no busque un beneficio económico con su producto.

4.2.2. ORGANIZACIÓN

Como se ha mencionado anteriormente, el FabLab de la ETSIDI actualmente es competencia de la propia ETSIDI, de manera que es el director de esta Escuela el principal encargado de este taller.

Las personas presentes en el funcionamiento diario del FabLab son estudiantes, en calidad de alumnos de prácticas, con el apoyo de uno o dos técnicos de otros laboratorios de la Escuela.

Para gestionar la parte económica y administrativa, hay algunos profesores involucrados en la fundación del FabLab que se encargan de esos asuntos.

Además de todo esto, el FabLab de la ETSIDI cuenta con patrocinadores que, no solo han ayudado económicamente, sino que también han proporcionado especialistas para puntuales ponencias y formaciones sobre el uso de equipos concretos.

4.2.3. ESPACIO Y EQUIPOS

Los equipos que forman parte de este taller son los siguientes:

- Impresora Pri3 de ABAX.
- Impresora 3D FormLabs Form 2.
- Ingletador SC 250W PRO.
- Taladro vertical TR130C.
- MULTI-DRILL.
- Lijadora delta LD 141.
- Aspirador VAC 2050 C.
- Fresadora CNC Bravo Prodigy BE3030.

El FabLab de la ETSIDI cuenta con 45 m² y está dividido en dos espacios: una zona de almacén para guardar herramientas y materiales, y una zona para el trabajo donde se encuentran los distintos equipos que hay en el taller. A su vez, la zona destinada al trabajo está dividida en otras dos áreas: una zona limpia, donde están las mesas destinadas al trabajo en grupo y las impresoras 3D, y una zona de trabajo, donde se encuentran el resto de las máquinas, es decir, la cortadora láser, las fresadoras y un pequeño taller con herramientas como un ingletador o un taladro vertical.

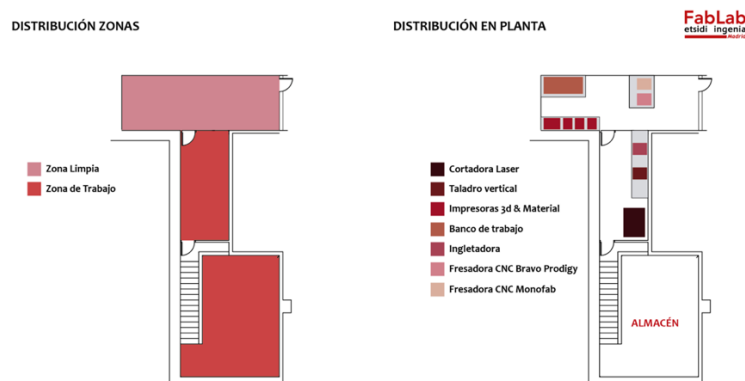


Figura 21. Distribución en planta del FabLab de la ETSIDI. Fuente: [9]

Pueden verse algunos rincones del espacio en las siguientes imágenes, tomadas durante la visita al FabLab de la ETSIDI.



Figura 22. Zona limpia del FabLab de la ETSIDI. Fuente: elaboración propia.



Figura 23. Zona de impresión 3D del FabLab de la ETSIDI. Fuente: elaboración propia.



Figura 24. Algunos objetos fabricados en el FabLab de la ETSIDI. Fuente: elaboración propia.

4.2.4. ACTIVIDADES

El FabLab de la ETSIDI fue concebido con el objetivo de ser un complemento a la actividad docente. Es por ello que, tanto en el máster como en los grados que se imparten en la ETSIDI, hay asignaturas que hacen uso del FabLab como parte del desarrollo de su actividad curricular, entre ellas:

- Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto
 - Proyectos de Diseño
 - Tecnologías de Fabricación
- Grado en Ingeniería Mecánica
 - Diseño Asistido por Ordenador (CAD)
 - Procesos de Fabricación
- Máster en Ingeniería de Diseño Industrial
 - Diseño asistido por Ordenador (CAD)
 - Procesos de Fabricación

Además, el FabLab de la ETSIDI organiza periódicamente cursos y talleres formativos contempladas como actividades acreditables de la UPM, es decir, alumnos de diversas titulaciones de la UPM pueden recibir créditos por realizar dichas actividades, entre las que se encuentran:

- Talleres de corte láser y grabado
- Formación básica en electrónica y soldadura
- Diseño de circuitos PCB y programación básica
- Curso de introducción a la impresión 3D
- Iniciación a Arduino y robótica creativa

Todas las actividades mencionadas anteriormente están enfocadas a alumnos de la UPM, ya sean de la ETSIDI o no. Este FabLab también lleva a cabo acciones y eventos para darse a conocer y para invitar a personas externas a la UPM a hacer uso de este. Por ejemplo:

- Participación en concursos externos: el FabLab se ofrece para ser utilizado por personas que quieran competir en hackatones o concursos lanzados por instituciones diferentes a la UPM
- Organización de eventos en la Semana de la Ciencia de Madrid: se organizan visitas guiadas y talleres para diferentes colegios de Madrid

4.3. FABLAB DE LA UNIVERSIDAD DE WESTMINSTER

El Fabrication Laboratory [10] de la Universidad de Westminster fue creado en 2013 y está ubicado en el campus de Marylebone, en el centro de Londres.



Figura 25. Logo de la Universidad de Westminster. Fuente: University of Westminster.



Figura 26. Logo del FabLab de Westminster. Fuente: [10].

Antes de 2013, la universidad contaba con un “Digital Workshop”, que consistía en un espacio de 80 m² con tres cortadoras láser y una impresora 3D. Tras conseguir una inversión inicial de £250.000, gracias a la perspectiva del profesor David Dornie y con el doctor David Scott como líder, se reconoce este espacio como FabLab. Desde su creación en 2013, este FabLab de la Universidad ha recibido más de £5.500.000 en subvenciones, tanto por parte de la Universidad de Westminster como de procedencia externa, logrando ser en la actualidad un espacio de 1.400 m² equipado con las tecnologías más avanzadas.

4.3.1. REQUISITOS DE USO

El uso del FabLab de la Universidad de Westminster está restringido a estudiantes y trabajadores actuales de la universidad. Además, todos los usuarios del laboratorio deben registrarse, proporcionando información básica.

Aunque con el registro ya es posible acceder al FabLab y trabajar en él, hay algunas zonas que requieren haber cursado alguno de los “Essentials Courses”, donde se enseña el uso seguro de determinadas herramientas.

4.3.2. ORGANIZACIÓN

Actualmente, el equipo del FabLab está formado por 27 miembros, incluyendo investigadores, profesores de la universidad, desarrolladores de software y estudiantes capacitados. Cada miembro del equipo cuenta con un puesto definido y se organiza de la siguiente manera:

- Director.
- Líder en Tecnología de Fabricación.
- Líder de Sistemas Digitales.
- 3 tecnólogos.
- 4 asistentes de tecnólogos.
- 5 tecnólogos graduados.
- 3 asistentes técnicos superiores.
- 2 asistentes técnicos.
- 8 asistentes técnicos en prácticas.

4.3.3. ESPACIO Y EQUIPOS

Este taller está dividido en distintas zonas, cada una de ellas especializada en un área de trabajo:

- **Taller de carpintería:** espacio destinado al trabajo con materiales hechos con madera.



Figura 27. Taller de carpintería del FabLab de la Universidad de Westminster. Fuente: [10]

- **Taller de metal:** área con herramientas y equipos que permiten el trabajo con materiales metálicos.



Figura 28. Taller de metal del FabLab de la Universidad de Westminster. Fuente: [10]

- **Taller láser:** zona equipada con cortadoras láser que cortan el material a partir de archivos digitales programados por el usuario.



Figura 29. Taller láser del FabLab de la Universidad de Westminster. Fuente: [10]

- **Taller CNC:** parte del laboratorio que dispone de fresadoras CNC que cortan el material siguiendo las instrucciones de los archivos digitales proporcionados por el usuario.



Figura 30. Taller CNC del FabLab de la Universidad de Westminster. Fuente: [10]

- **Área de impresión 3D:** espacio con varias impresoras 3D crean objetos con PLA (Ácido Poliláctico).



Figura 31. Área de impresión 3D del FabLab de la Universidad de Westminster. Fuente: [10]

- **Taller de fabricación por adición:** espacio destinado a la creación de objetos 3D con arcilla, cerámica o aditivos.



Figura 32. Taller de fabricación por adición del FabLab de la Universidad de Westminster. Fuente: [10]

- **Laboratorio de fundición:** espacio para trabajar con yeso y cerámica.

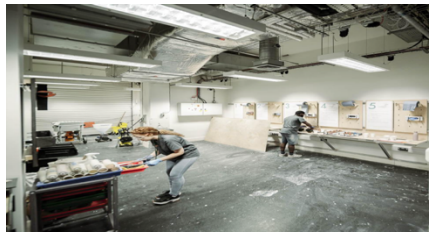


Figura 33. Laboratorio de fundición del FabLab de la Universidad de Westminster. Fuente: [10]

- **Imprenta:** espacio donde se puede imprimir sobre diversos materiales, como vinilo o material rígido, y donde también es posible la impresión a gran escala.



Figura 34. Imprenta del FabLab de la Universidad de Westminster. Fuente: [10]

- **Centro de materiales:** espacio con una gran variedad de materiales que los usuarios pueden probar y comprar.



Figura 35. Centro de materiales del FabLab de la Universidad de Westminster. Fuente: [10]

- **Espacio de desarrollo de proyectos:** zona diseñada para que los usuarios lleven a cabo el proceso de diseño de sus creaciones y junten las piezas creadas en otras zonas del FabLab.

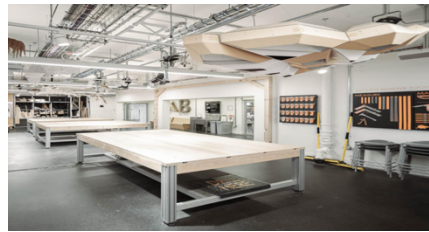


Figura 36. Espacio de desarrollo de proyectos del FabLab de la Universidad de Westminster. Fuente: [10]

Además de todas estas zonas, el FabLab de la Universidad de Westminster dispone de un XR Lab, surgido como colaboración con la Escuela de Ciencias de la Computación e Ingeniería, con una inversión de £270.000. Este espacio se centra en el trabajo con tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada.

4.3.4. ACTIVIDADES

El FabLab está profundamente integrado en los diversos planes de estudio de la Universidad de Westminster, en especial en los estudios de arquitectura, urbanismo y diseño. Algunos ejemplos son:

- Los estudiantes del “Año de Fundación en Arquitectura y Diseño” participan en módulos que incluyen formación práctica en la utilización de los equipos disponibles en el FabLab. En concreto, el módulo “Making Practices” lanza desafíos enfocados en la construcción y en la fabricación, tanto técnicos como materiales, que impulsan el trabajo práctico en el FabLab por parte de los estudiantes, desarrollando sus habilidades creativas.
- Los estudiantes del grado de “Arquitectura con Fundación” hacen uso del FabLab en varias ocasiones:
 - o Durante el primer semestre del grado, los estudiantes tienen que llevar a cabo un proyecto de exploración del diseño y la habitabilidad del espacio urbano
 - o Durante el segundo semestre, el proyecto tiene un enfoque más creativo, donde se les proporciona libertad para trabajar mediante fabricación directa con materiales, desarrollando su habilidad de diseño
- El grado de “Arquitectura y Diseño Ambiental” tiene como objetivo formar arquitectos capacitados y con conciencia del medio ambiente. El uso del FabLab

en este grado está enfocado en la creación y testeo de prototipos que desarrollen las habilidades técnicas de los estudiantes, principalmente en el proyecto de tesis final.

Una práctica característica de este FabLab son las sesiones de crítica conocidas como “crits”. El objetivo de estas sesiones es que los estudiantes que están desarrollando proyectos en el FabLab presenten su trabajo ante profesionales invitados y académicos de la universidad y reciban sus opiniones y consejos. Además de esto, se impulsa a los usuarios del FabLab a la creación de dosieres que recojan el proceso de desarrollo de los proyectos.

Algunos de los proyectos a destacar de entre los llevados a cabo en el FabLab de la Universidad de Westminster son:

- **Kinetic Climate:** un taller cuyo objetivo era la concienciación de jóvenes acerca del cambio climático. A partir de datos ambientales obtenidos mediante inteligencia artificial, grupos de jóvenes tenían que crear estructuras cinéticas que respondieran de manera efectiva a los mismos.
- **Producción de EPI durante la pandemia:** el equipo del FabLab colaboró en la fabricación mediante impresión 3D de protectores faciales necesarios en los Equipos de Protección Individual (EPI), cuya demanda creció exponencialmente durante la pandemia de 2020.
- **Making Leaders Showcase:** un proyecto en colaboración con los estudiantes de “Gestión Empresarial”, donde estos debían fabricar productos físicos teniendo en cuenta aspectos como la sostenibilidad o la inclusión, haciendo uso del FabLab.

4.4. FABLAB DEL CIEC

El CIEC [11] (Centro de Innovación en Economía Circular) está situado en el distrito de Vicalvaro, en Madrid.



Figura 37. Logo del CIEC. Fuente: [11].

Se trata de una iniciativa impulsada y gestionada por el Ayuntamiento de Madrid, lo que convierte al centro y a sus instalaciones en un recurso público al servicio de la ciudadanía. El edificio del CIEC está concebido principalmente como un espacio de oficinas y coworking orientado a startups y empresas innovadoras que desarrollan proyectos en torno a la economía circular, ofreciendo recursos, asesoramiento y oportunidades de colaboración.

Además, el CIEC integra un laboratorio inclusivo de soluciones basadas en la naturaleza, cuya gestión está a cargo de una asociación dedicada a personas con discapacidad, la Fundación Juan XXIII, que promueve la inclusión social y laboral de

colectivos vulnerables mediante programas de compostaje, huertos urbanos y jardines verticales.

Dentro de este centro, hay un FabLab abierto a toda la comunidad interesada en llevar a cabo proyectos sostenibles. Este no es un FabLab universitario, como los tres desarrollados anteriormente.

4.4.1. REQUISITOS DE USO

Para poder utilizar el FabLab del CIEC, es necesario que el proyecto a desarrollar tenga un enfoque sostenible y sea previamente aprobado por el propio centro, en línea con la misión del FabLab de fomentar la economía circular y la innovación responsable. Una vez autorizado el proyecto, la persona interesada debe completar una formación básica sobre el uso seguro y adecuado de las máquinas y herramientas disponibles en el laboratorio.

El acceso al FabLab para el desarrollo de proyectos personales está limitado a los lunes, día en el que el centro abre específicamente para este fin. El resto de los días el uso del FabLab está reservado para los startups presentes en el CIEC y para formaciones. El uso de la maquinaria es gratuito para todos los usuarios, así como el uso de algunos materiales básicos disponibles en el FabLab.

Adicionalmente, como medida de control, cualquier persona que acceda al centro debe registrarse a la entrada proporcionando su nombre y DNI.

4.4.2. ORGANIZACIÓN

El FabLab del CIEC, como parte de un espacio público propiedad del Ayuntamiento de Madrid, se gestiona bajo un modelo de colaboración entre entidades públicas y privadas. La responsabilidad de la gestión general del centro y de su FabLab recae en el Ayuntamiento, aunque participan activamente otras organizaciones como la UPM, Sacyr y la Fundación Juan XXIII, entre otras, en distintas áreas de funcionamiento y dinamización.

El equipo del CIEC está formado por personal contratado por el Ayuntamiento de Madrid. Entre estos profesionales destaca la figura de un técnico especializado, cuya presencia es obligatoria durante el horario de apertura del FabLab. Este técnico se encarga de supervisar el uso seguro de los equipos, asesorar a los usuarios en sus proyectos y garantizar el cumplimiento de las normas y buenas prácticas del laboratorio.

4.4.3. ESPACIO Y EQUIPAMIENTO

En cuanto a equipamiento, el FabLab del CIEC dispone de una amplia variedad de herramientas de fabricación digital, incluyendo impresoras 3D, equipos para corte de vinilo, entre otros recursos. Además, cuenta con una amplia variedad de máquinas de coser y con una máquina de reciclaje de plásticos.



Figura 38. Espacio con impresoras 3D del FabLab del CIEC. Fuente: elaboración propia.



Figura 39. Máquina de reciclaje de plástico del FabLab del CIEC. Fuente: elaboración propia.



Figura 40. Máquinas de coser y filamento para impresoras 3D del FabLab del CIEC. Fuente: elaboración propia.

El FabLab del CIEC dispone de una sala independiente con una cortadora láser y una fresadora CNC de gran tamaño.



Figura 41. Sala de corte láser y fresado. Fuente: elaboración propia.



Figura 42. Fresadora y cortadora láser del FabLab del CIEC. Fuente: elaboración propia.

4.4.4. ACTIVIDADES

Las actividades que se llevan a cabo en el FabLab del CIEC son fundamentalmente formativas. Se organizan charlas de profesionales y talleres prácticos para aprender a utilizar las máquinas de fabricación digital todas las semanas. Como se ha mencionado anteriormente, de martes a viernes el FabLab del CIEC está reservado para formaciones de todo tipo, enfocadas a particulares o a empresas.

Adicionalmente, en este FabLab se desarrolla el INGENIA CIRCULAR.

5. POTENCIAL INTEGRACIÓN DEL FABLAB EN LA ETSII

La posible integración de un FabLab funcional en la ETSII abre nuevas oportunidades para enriquecer la vida académica, investigadora y cultural del centro. Este espacio puede convertirse en un recurso transversal, con potencial para incorporarse al plan de estudios, fomentar la colaboración con asociaciones estudiantiles, impulsar proyectos de investigación y doctorado, y servir como plataforma para cursos formativos, concursos, competiciones y actividades de difusión. A continuación, se exploran las principales vías de integración y las posibilidades que ofrece el FabLab para fortalecer la formación, la creatividad y la innovación en la ETSII.

5.1. POTENCIAL INTEGRACIÓN DEL FABLAB EN EL PLAN DE ESTUDIOS

Integrar la fabricación digital y el enfoque “aprender haciendo” en las asignaturas permite a los estudiantes desarrollar competencias técnicas, creatividad y capacidad de resolución de problemas, aplicando conocimientos teóricos en proyectos reales y colaborativos.

5.1.1. ANÁLISIS DE LA OFERTA ACADÉMICA DE LA ETSII

Actualmente, la oferta académica de la ETSII [12] incluye 4 grados universitarios, 12 másteres universitarios y 4 dobles másteres universitarios:

- Grados universitarios:
 - Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales (GITI)
 - Grado en Ingeniería de Organización (GIO)
 - Grado en Ingeniería Química (GIQ)
 - Grado en Ingeniería de la Energía (GIE)*

* El Grado en Ingeniería de la Energía es compartido con la Escuela de Ingenieros de Minas y Energía (ETSIME). En la ETSII solamente se estudian el tercer y cuarto curso de la especialidad de Tecnologías Energéticas, dentro del Grado de Ingeniería de la Energía.

- Másteres universitarios:
 - Máster Universitario en Ingeniería Industrial
 - Máster Universitario en Ingeniería Química
 - Máster Universitario en Ingeniería Ambiental
 - Máster Universitario en Economía y Gestión de la Innovación
 - Máster Universitario en Ingeniería de la Energía
 - Máster Universitario en Ingeniería Mecánica
 - Máster Universitario en Ingeniería de la Organización
 - Máster Universitario en Ingeniería Sísmica: Dinámica de Suelos y Estructura

- Máster Universitario en Automática y Robótica
- Máster Universitario en Ingeniería Eléctrica
- Máster Universitario en Electrónica Industrial
- Máster Universitario en Ciencia y Tecnología Nuclear
- Dobles másteres universitarios
 - Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial y en Automática Robótica
 - Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial y Electrónica Industrial
 - Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial y en Ingeniería Sísmica
 - Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial y en Ciencia y Tecnología Nuclear

En el Anexo IV se pueden ver las asignaturas que componen cada una de las titulaciones de la ETSII, clasificadas por colores según el índice que viene en la primera página de este, cuyo significado se irá explicando en los apartados siguientes.

5.1.2. INTEGRACIÓN EN ASIGNATURAS YA EXISTENTES

Una forma de integrar el uso del FabLab en el plan de estudios de la ETSII es incluyendo actividades evaluables que impliquen desarrollar un producto en el FabLab. Teniendo esto en cuenta, podemos dividir las asignaturas en tres grupos, que se ven representados en el Anexo IV, de la siguiente manera:

	Asignaturas Grupo A
	Asignaturas Grupo B
	Asignaturas Grupo C

- **Grupo A:** conformado por las asignaturas que, según sus contenidos y objetivos, permiten una incorporación natural y coherente de actividades donde haya que crear prototipos o productos en el FabLab. Estas asignaturas están totalmente relacionadas con el diseño y el modelado de componentes y, por ello, el aprendizaje en este caso se vería especialmente beneficiado, facilitando la asimilación de los conceptos instruidos por parte de los alumnos. Las asignaturas que conforman este grupo son:

Asignatura	Titulaciones en las que se cursa
Automatización Avanzada	Máster Universitario En Automática Y Robótica
Automatización De La Fabricación Y Robótica	GITI
Cálculo Y Diseño De Estructuras	Máster Universitario en Ingeniería Industrial Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial y en Automática Robótica

	Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial y Electrónica Industrial Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial y en Ciencia y Tecnología Nuclear
Design Of Embedded Systems	Máster Universitario en Electrónica Industrial Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial y Electrónica Industrial
Design Of Magnetic Components	Máster Universitario en Electrónica Industrial
Dibujo Industrial	GITI GIO GIQ
Diseño Avanzado De Sistemas Electrónicos	Máster Universitario en Ingeniería Industrial Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial y en Automática Robótica Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial y Electrónica Industrial Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial y en Ciencia y Tecnología Nuclear
Diseño De Máquinas	GITI
Diseño De Máquinas Eléctricas	Máster Universitario en Ingeniería Eléctrica
Diseño De Sistemas De Fabricación	Máster Universitario en Ingeniería Mecánica
Diseño De Sistemas Electrónicos	Máster Universitario en Ingeniería Industrial Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial y en Ciencia y Tecnología Nuclear
Electrotecnia	GITI GIO GIQ
Fabricación	GITI GIO GIQ
Fabricación Aditiva	Máster Universitario en Ingeniería Industrial
Fundamentos De Electrónica	GITI GIO
Integración De Sistemas Mediante Herramientas Digitales	GITI
Máquinas E Instalaciones Hidráulicas	GIE
Máquinas Eléctricas	GITI GIE GIQ

	GIO
Máquinas Eléctricas II	GITI
Máquinas Hidráulicas Y Motores Térmicos	Máster Universitario en Ingeniería Química
Máquinas Y Motores Volumétricos	GIE
Métodos De Simulación Avanzada	Máster Universitario en Ingeniería Mecánica
Modelado De Sistema Con Alinealidades Geométricas Y De Material	Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial y en Ciencia y Tecnología Nuclear
Modelado Y Simulación De Sistemas	Máster Universitario en Ingeniería Industrial Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial y en Automática Robótica Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial y Electrónica Industrial
Rehabilitación De Estructuras	Máster Universitario en Ingeniería Sísmica: Dinámica de Suelos y Estructura, Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial y en Ciencia y Tecnología Nuclear
Robótica	GITI
Sensorización Y Monitorización De Sistemas	GITI
Sistemas De Producción Automatizados	Máster Universitario en Ingeniería Industrial Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial y en Automática Robótica
Sistemas Integrados De Fabricación	Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial y en Automática Robótica Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial y Electrónica Industrial Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial y en Ingeniería Sísmica Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial y en Ciencia y Tecnología Nuclear
Sistemas Microprocesadores	GITI

Tabla 1. Asignaturas del Grupo A del plan de estudios de la ETSII. Fuente: elaboración propia.

- **Grupo B:** engloba asignaturas en las que el uso del FabLab puede ser viable y beneficioso, pero cuya integración no es evidente o puede dar lugar a dudas, ya sea por la profundidad alcanzada en los contenidos de la asignatura, o por no estar enfocada directamente al diseño y / o la fabricación de productos.
- **Grupo C:** compuesto por asignaturas cuyos contenidos son teóricos, abstractos o están alejados de las posibilidades tecnológicas de un FabLab, por lo que hacer uso de este sería innecesario y resultaría forzado.

Esta propuesta docente consiste en introducir una nueva alternativa de evaluación progresiva en algunas asignaturas y para una fracción limitada de estudiantes, sin eliminar ninguna de las opciones que existen actualmente. Este método incluiría la realización de proyectos en equipo en los cuales la mayor parte del trabajo conlleve hacer uso del FabLab. Esto implicará un reajuste de la ponderación de la evaluación y / o incluso la eliminación de algunos exámenes u otros ejercicios, con el fin de que la carga de trabajo de las asignaturas se mantenga coherente con los créditos que estas valen. Esta reorganización de la ponderación de evaluación será diferente en cada asignatura, y dependerá del volumen de trabajo que se estime para los nuevos proyectos y actividades. En el Anexo V se muestra esta propuesta de evaluación aplicada a 5 de las asignaturas incluidas en el Grupo A, a modo de ejemplo y de inspiración.

5.1.3. INGENIA

INGENIA es una asignatura anual que se cursa en el primer año académico del Máster Universitario en Ingeniería Industrial de la ETSII, cuya carga suma 12 ECTS.

Se trata de una propuesta docente influenciada por una iniciativa del MIT, conocida como CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate – Concebir, Diseñar, Implementar, Operar), cuyo objetivo es la formación de ingenieros capaces de solucionar problemas complejos de la vida real y, a la vez, desarrollar el trabajo cooperativo en equipo.



Figura 43. Logo de la asignatura INGENIA. Fuente: Industriales UPM.

En esta asignatura anual se presenta al alumno un problema del ámbito de la ingeniería, abierto y real al que debe dar solución desarrollando un proyecto técnico en equipo. Durante el curso, los estudiantes aplican los conocimientos teóricos adquiridos en otras asignaturas y trabajan de manera colaborativa desde la concepción de una solución hasta su implementación, abordando aspectos como la comunicación, la sostenibilidad y el trabajo en equipo. El trabajo culmina en una jornada final de presentación pública, la Gala INGENIA, donde se exponen los proyectos desarrollados.

A continuación, se presenta el listado de temáticas INGENIA disponibles:

- Desarrollo y Dirección de Proyectos de Construcciones Industriales
- Computer-Aided Engineering
- Diseño en Bioingeniería
- Proyecto de Máquinas
- Ingeniería de Automoción. Diseño, Fabricación, Ensayo y Demostración de un Vehículo para la Competición Formula SAE
- Ingeniando un Sistema Eléctrico
- Sistemas Avanzados de Fabricación

- Ingenia CIRCULAR
- MotorGEN
- Aplicaciones Industriales de la Ingeniería Acústica
- Sistemas de Fabricación Láser y Detección Óptica
- Fabricación Tradicional mediante Forja
- Industriales me suena
- SolarGEN
- Diseño y Simulación de un Reactor Nuclear de Agua a Presión

El problema principal de esta asignatura en la actualidad, manifestado por alumnos y profesores, es el notable distanciamiento que existe generalmente entre las ideas de los estudiantes a la hora de poner solución al problema propuesto y las habilidades de fabricación de estos para desarrollar el producto físico que han pensado. Esto es debido a que la gran mayoría de alumnos de la asignatura INGENIA no han tenido ninguna experiencia previa relacionada con la fabricación o el prototipado.

Si existiera un FabLab funcional en la ETSII, los universitarios de la Escuela tendrían un espacio accesible donde aprender técnicas básicas de fabricación, disminuyendo así la brecha existente entre ideas y habilidades de materialización, además de aumentar el porcentaje de alumnos que hayan experimentado el prototipado o la fabricación digital antes de llegar a INGENIA en el Máster habilitante de Ingeniería Industrial.

5.1.4. TFG / TFM

Al finalizar cada titulación en la ETSII, los estudiantes deben realizar un Trabajo Fin de Grado (TFG) o un Trabajo Fin de Máster (TFM). Este proyecto constituye una asignatura obligatoria, con un valor de entre 12 y 24 créditos, que permite demostrar que el alumno ha adquirido los conocimientos, competencias y habilidades necesarios para obtener el título correspondiente. Consiste en la elaboración y defensa de un proyecto, memoria, estudio o informe, realizado de manera individual bajo la supervisión de un tutor académico, en el que el estudiante aplica de forma integrada lo aprendido a lo largo de la carrera.

En caso de existir un FabLab funcional en la Escuela, llevar a cabo un Trabajo de fin de Grado (TFG) o de fin de Máster (TFM) que implique la fabricación de un producto físico en el que se necesite hacer uso de equipos que pertenecen a distintos talleres y laboratorios de la ETSII, o incluso de fuera de esta, se vuelve una tarea mucho más sencilla. Al haber un Fabrication Laboratory, no hay que buscar un lugar donde desarrollar y ensamblar el producto, sino que se puede contar con una instalación destinada a ello dentro de la Escuela.

Algunos ejemplos de TFG o TFM de alumnos de la ETSII que implicaron la fabricación física de un sistema o de un objeto y que podrían haber sido desarrollados en el FabLab si este hubiera existido.

- TFG de Adrián Siegberts Rieker [13], acerca de la fabricación de un robot blando neumático.

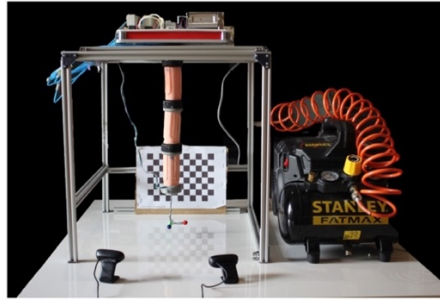


Figura 44. Producto creado en el TFG de Adrián Siegberts Rieker. Fuente: [13]

- TFG de Samuel Merino Medranda [14], sobre la creación de una bancada didáctica para una caja de cambios.



Figura 45. Producto creado en el TFG de Samuel Merino Medranda. Fuente: [14]

- TFG de Alejandro Delgado Lamothe [15], donde desarrolla una planta de cerveza casera automática.

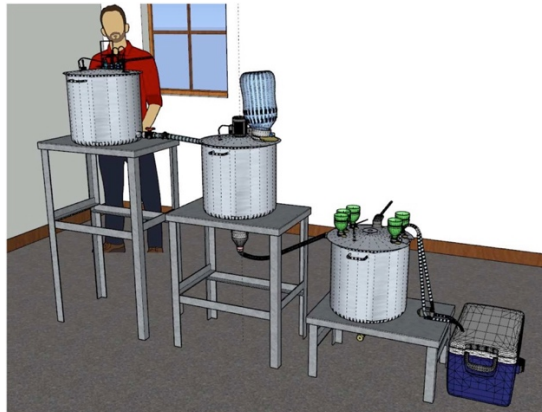


Figura 46. Producto creado en el TFG de Alejandro Delgado Lamothe. Fuente: [15]

5.1.5. ASIGNATURAS OPTATIVAS / DE COMPETENCIAS

La mayoría de las titulaciones de la ETSII incluyen unos determinados créditos que corresponden a asignaturas de competencias o a asignaturas optativas. Son las subrayadas en color rosa en el Anexo IV.

Al haber un FabLab en la Escuela, pueden incluirse asignaturas orientadas a estudiantes que tengan cierto interés y experiencia en la fabricación digital o el prototipado, para que puedan profundizar en el uso de herramientas y equipos. Estas materias, guiadas por un docente con conocimiento en este ámbito, contribuirían al desarrollo de habilidades técnicas y a alcanzar una verdadera maestría en la aplicación de técnicas de fabricación digital por parte de los alumnos que las cursaran.

Estas asignaturas se podrían incluir en los grupos de “Asignaturas de competencias” y “Asignaturas Optativas” en todas las titulaciones que las tengan, valiendo 3 ECTS cada una de ellas. A continuación, se desarrollan a modo de ejemplo 4 ideas de asignaturas que podrían incluirse en este apartado:

- **Fabricación Digital Aplicada**
 - Descripción: asignatura donde aprender acerca del proceso completo de diseño y fabricación digital, desde la concepción de una idea hasta la obtención de un prototipo funcional.
 - Contenidos: diseño con software CAD, preparación de archivos para enviar a las máquinas, técnicas de ensamblaje y de acabado, selección de materiales y procesos, mejora iterativa de diseño.
- **Prototipado Electrónico con Microcontroladores**
 - Descripción: asignatura orientada al desarrollo de prototipos electrónicos interactivos con placas de desarrollo, mediante programación básica y combinación de sensores y actuadores.
 - Contenidos: fundamentos de electrónica digital, programación básica, trabajo con sensores y actuadores, integración en prototipos creados en el FabLab.
- **Diseño y Fabricación de PCB**
 - Descripción: asignatura centrada en el proceso de creación integral de circuitos impresos desde cero, para integración en prototipos más compactos y robustos.
 - Contenidos: uso de software de diseño de PCB, creación de un enrutado eficiente, montaje y soldadura de componentes electrónicos, prueba y validación de circuitos.
- **Fabricación Digital Avanzada**
 - Descripción: asignatura que trabaja la combinación de diferentes técnicas de fabricación digital y el uso creativo e innovador de materiales para la resolución de retos.
 - Contenidos: diseño de ensamblajes híbridos, trabajo con tolerancias y ajustes para varios procesos diferentes, introducción a materiales técnicos, técnicas de acabado de prototipos.

5.2. VÍNCULOS CON ASOCIACIONES ESTUDIANTILES DE LA ETSII

El FabLab pretende, además de ser un espacio de trabajo y aprendizaje, involucrarse en la experiencia universitaria de los estudiantes. Una de las formas de alcanzar este objetivo, es mediante el trabajo conjunto con las asociaciones universitarias. En la ETSII existen diversas asociaciones estudiantiles que llevan a cabo proyectos técnicos de innovación y que emplean la fabricación digital.

En esta línea, se plantean colaboraciones entre el FabLab y determinadas asociaciones, para fortalecer la comunidad tecnológica y de innovación de la ETSII. Se presentan a continuación algunas asociaciones con las que podrían establecerse conexiones puntuales o continuadas y ejemplos de estas.

5.2.1. RESET

RESET [16] es la Asociación de Estudiantes de Robótica y Electrónica de la ETSII. Su objetivo es fomentar la creatividad y el trabajo en equipo mediante la aplicación práctica de conocimientos técnicos relacionados con robótica, electrónica, informática y automática.



Figura 47. Logo de RESET. Fuente: [16].

Esta asociación organiza proyectos, talleres y participa en competiciones, destacando Cybertech entre ellas. Cybertech es la mayor competición de robótica de la UPM, organizada y celebrada en la ETSII, donde una gran cantidad de alumnos de toda la UPM participan cada en diseñando, programando y construyendo robots que deben superar diferentes retos técnicos, en función de la modalidad.

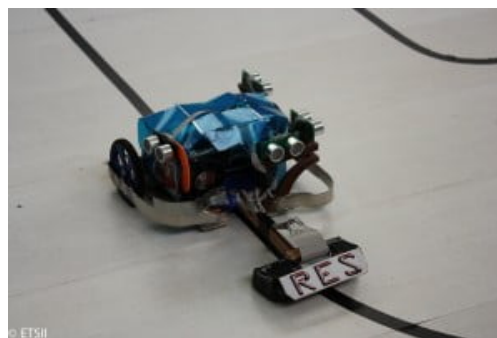


Figura 48. Robot ganador de Cybertech en 2012. Fuente: Escuela Industriales UPM.

RESET y el FabLab tienen un interés común por la formación práctica, la experimentación tecnológica y la fabricación digital. Algunas propuestas de colaboración entre estas dos entidades son:

- Organización conjunta de competiciones de robótica y fabricación digital.
- Talleres y programas formativos conjuntos de impresión 3D, electrónica y programación.

5.2.2. ACEII-KW

ACEII-KW [17] es la Asociación Cultural de Estudiantes de Ingeniería Industrial Kilowatio. Organizan eventos sociales y culturales para que los alumnos de la ETSII participen en la vida universitaria más allá de las actividades académicas.

Aunque el foco principal de ACEII-KW es más social que tecnológico, su colaboración con el FabLab puede jugar un papel de difusión del FabLab dentro de la comunidad de estudiantes. Además, las actividades conjuntas pueden combinar cultura y tecnología:

- Ferias donde se muestren prototipos realizados en el FabLab.
- Fabricación en el FabLab de productos para su uso los eventos de ACEII-KW.
- Campañas de promoción del FabLab en eventos de la asociación.

5.2.3. UMP RACING

UPM Racing [18] no se trata de una asociación universitaria como tal, sino que es un equipo multidisciplinar de la UPM participante en la competición Formula Student, formado por estudiantes de distintos grados universitarios de la UPM. Formula Student es un certamen internacional en el que equipos representantes de varias universidades diseñan, construyen y compiten con un coche monoplace tipo fórmula.



Figura 49. Monoplaza presentado por el equipo UPM Racing en el Formula Student Electric 2021. Fuente: Universidad Politécnica de Madrid.

El FabLab de la ETSII puede servir de apoyo en la etapa de prototipado y testeo de componentes del coche:

- Fabricación de piezas y prototipos en el FabLab.
- Ensayo de prototipos de componentes en el FabLab.
- Asesoramiento técnico en materiales y procesos de fabricación.
- Talleres conjuntos de fabricación digital aplicado al automovilismo.

5.2.4. Asociación de antiguos alumnos ETSII

La Asociación de Antiguos Alumnos de la ETSII UPM [19], fundada en el año 2000, es una red que reúne a titulados de dicha Escuela, ofreciendo un espacio de encuentro y colaboración.



Figura 50. Logo de la Asociación de Antiguos Alumnos de la ETSII UPM. Fuente: [19].

Organiza actividades como cursos de formación, talleres, conferencias y encuentros, además de otorgar premios que reconocen la trayectoria profesional y la contribución de sus miembros a la sociedad. La asociación facilita el acceso a ofertas de empleo, fomenta la relación entre antiguos alumnos y mantiene vivo el vínculo con la escuela, apoyando el desarrollo profesional y personal de sus miembros.

Un FabLab como el propuesto en este proyecto, podría ser un espacio ideal para celebrar algunas de estas actividades y mantener viva esa relación entre antiguos alumnos y la Escuela, mediante:

- Organización de formaciones para antiguos alumnos de la ETSII.
- Ponencias, talleres prácticos y formaciones lideradas e instruidas por miembros de la Asociación de Antiguos Alumnos.
- Competiciones organizadas por el FabLab donde participen Antiguos Alumnos.

5.3. INVESTIGACIÓN / DOCTORADOS

La ETSII de la UPM destaca por una intensa actividad de investigación y por una sólida oferta de programas de doctorado.

Los datos recogidos en el año 2023 muestran que, en ese año, la Escuela contaba con más de 190 proyectos de I+D+i (Investigación, Desarrollo e innovación tecnológica) y 32 grupos de investigación.

Según los últimos datos disponibles, del curso 2023/2024, 291 alumnos se matricularon para cursar algún programa de doctorado de los 7 se ofertan en la ETSII:

- Doctorado en Ingeniería Ambiental. Química y de los Materiales
- Doctorado en Economía y Gestión de la Innovación
- Doctorado en Ingeniería de la Organización
- Doctorado en Ingeniería Mecánica
- Doctorado en Automática y Robótica
- Doctorado en Energía Sostenible, Nuclear y Renovable
- Doctorado en Ingeniería Eléctrica y Electrónica

La implementación de un FabLab en la ETSII representa una oportunidad estratégica para potenciar la investigación aplicada y el desarrollo de prototipos en un entorno colaborativo. Este espacio proporcionaría a investigadores y doctorandos acceso a herramientas avanzadas de fabricación digital, facilitando la conversión de conceptos teóricos en objetos tangibles. Algunas consecuencias beneficiosas que tendría la existencia de un FabLab con respecto a las actividades de investigación y a los estudios de doctorado son:

- Mayor facilidad para el desarrollo de prototipos que respalden las hipótesis de investigación.
- Fomento de proyectos conjuntos entre distintas áreas de estudio, enriqueciendo la perspectiva investigadora.
- Difusión de la investigación desarrollada por parte de la ETSII empleando la red FabLab como plataforma para exhibir los avances.

5.4. PROPUESTA DE CURSOS FORMATIVOS

En la mayoría de los FabLab que existen por todo el mundo se organizan cursos formativos a lo largo del año, donde se enseñan técnicas de fabricación digital a diferentes niveles.

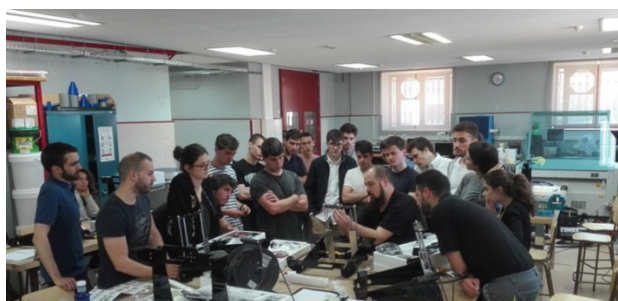


Figura 51. Actividad formativa del FabLab de la Universidad de Nebrija. Fuente: [20].

En el caso de la ETSII, estos cursos deberían ser organizados por el equipo encargado del FabLab, de cuya gestión dependerán la frecuencia, la duración y la temática de estos.

Estos cursos estarían dirigidos principalmente a estudiantes y personal de la UPM, pudiendo existir algunos para personas externas de manera puntual. Al terminar cada una de estas formaciones, se otorgará un certificado que acredite que la persona posee los conocimientos acerca de fabricación digital instruidos en cada curso, respectivamente.

En cuanto a la duración, esta podrá ser muy variada, desde talleres intensivos de un fin de semana, hasta programas formativos que se desarrollen a lo largo de todo el año académico. Sería conveniente que los cursos tuviesen lugar en horarios en los que el FabLab no esté abierto para el desarrollo de proyectos de los usuarios.

Aunque los cursos deberán ir siempre enmarcados dentro del ámbito del prototipado y la fabricación digital, la temática específica de estos podrá variar ampliamente, pudiendo enfocarse en cada uno de los elementos que conforman el ecosistema de un FabLab. Las formaciones ofrecidas podrán incluir cursos introductorios sobre el uso básico de los equipos, formaciones avanzadas centradas en la manipulación de una máquina concreta, talleres de CAD, cursos de programación orientados a ciertos microcontroladores, o formación en electrónica aplicada, entre otros muchos.

Los perfiles de los instructores de estos cursos podrán ser muy variados, teniendo siempre que contar con el conocimiento y la formación adecuados para el curso que vayan a impartir. Podrán ser estudiantes, profesores o técnicos de la ETSII, o personas externas a la Escuela.

Estos cursos formativos son una gran oportunidad para llevar a cabo colaboraciones con otras asociaciones de la ETSII, otras universidades, organizaciones o empresas. Como ocurre en otros FabLabs, podrán organizarse algunas de estas formaciones en conjunto con otra entidad, por ejemplo, con las empresas proveedoras de la maquinaria.

Además de la acreditación, se podrá tratar de incluir algunos de estos cursos en el Catálogo General de Actividades Acreditables de la UPM [21], de manera que los alumnos de la UPM que los cursen puedan obtener créditos por ello. Dependiendo de la duración del curso realizado, la cantidad de ECTS que se pueden obtener será diferente, teniendo en cuenta que cada ECT equivale aproximadamente a 26 horas de trabajo.

5.5. CONCURSOS / COMPETICIONES

El FabLab de la ETSII aparece con intención de despertar en los alumnos un interés en la fabricación digital, más allá de asignaturas o cursos formativos. La participación de estos en concursos que desafíen sus habilidades de prototipado y fabricación es una manera de lograr esto.

Para dinamizar el uso del FabLab, se propone promover determinadas competiciones seleccionadas que ofrezcan a los estudiantes oportunidades reales para prototipar y presentar sus proyectos, distribuidas de forma equilibrada entre los dos

cuatrimestres del año académico. El objetivo de esto es fomentar que, durante todo el curso, haya estudiantes desarrollando proyectos innovadores y desafiantes.

A continuación, se presenta una tabla con propuestas de actividades que se podrán promover en el FabLab de la ETSII y su respectivo periodo de celebración:

Actividad	Tipo de competición	Fecha final
XtraChallenge	Drones	Julio
Actúa UPM	Emprendimiento universitario	Julio
EUDIS Defense Hackathon	Hackathon del sector de la defensa	Octubre
INDESIAhack	Hackathon de innovación	Noviembre

Tabla 2. Competiciones propuestas para ser promocionadas en el FabLab. Fuente: elaboración propia.

5.5.1. XTRACHALLENGE

XtraChallenge [22] es una competición a nivel nacional organizada por la Universidad Politécnica de Valencia que surgió en 2022. Los equipos participantes en este evento deben diseñar y fabricar aeronaves no tripuladas que sean capaces de realizar un transporte eficiente de cargas útiles, debiendo también pilotar su dron.



Figura 52. Logo del XtraChallenge de 2023. Fuente: [22].

Gracias a la presencia durante la presentación de los aeromodelos finales de profesionales del sector de la industria aeroespacial, el premio para los ganadores de este reto consiste en reconocimiento nacional y oportunidades de networking o de colaboraciones en este sector.

Con la existencia de un FabLab funcional en la ETSII, alumnos de esta Escuela podrían acceder fácilmente a los recursos necesarios para desarrollar una aeronave de estas características y presentarla en esta competición.

5.5.2. ACTÚA UPM

Actúa UPM [23] es un programa de emprendimiento que nace en 1998 con la intención de promover buenas ideas de negocio y startups tecnológicas dentro de la comunidad UPM.



Figura 53. Logo de Actúa UPM. Fuente: [23].

Pueden participar en esta iniciativa tanto estudiantes como egresados de la UPM que tengan ideas novedosas de negocio.

Los proyectos más prometedores son premiados con mentorías, oportunidades de formación especializada e incluso premios económicos.

La innovación es una de las principales bases tanto el programa de Actúa UPM como de un FabLab. Ambos están profundamente relacionados con el fomento de las habilidades creativas de los estudiantes para desarrollar ideas novedosas. Por esta razón, sería interesante crear una unión entre el FabLab de la ETSII y el programa Actúa UPM.

El FabLab podría ofrecer sus instalaciones, sus herramientas y su maquinaria como recurso oficial para los equipos que deseen participar en Actúa UPM cuyo proyecto necesite fabricar y probar prototipos físicos.

5.5.3. INDESIAHACK

INDESIAhack [24] es un hackathon focalizado en la aplicación de tecnologías avanzadas, como el análisis de datos, la inteligencia artificial y la automatización de sistemas industriales. Esta competición lanzó su primera edición en el año 2024.



Figura 54. Logo INDESIAhack. Fuente: [24].

Empresas del sector de la ingeniería principalmente plantean desafíos y problemas reales para los que los equipos participantes deben idear y presentar soluciones innovadoras.

Los premios que ofrece este hackathon son económicos y pueden alcanzar los 2000 €. Además de esto, al haber varias empresas líderes en la industria involucradas en esta actividad, los estudiantes participantes reciben un reconocimiento por parte de estas, así como posibilidades de networking y oportunidades laborales.

El FabLab en este caso puede servir como medio clave para la creación y la prueba de prototipos físicos que sirvan como complemento a las soluciones digitales presentadas por los equipos.

5.5.4. EUDIS DEFENSE HACKATHON

[25] Se trata de una competición centrada en la innovación tecnológica aplicada al sector de la defensa, que forma parte del programa EUDIS (European Defence Insutrial Symposium) y en colaboración con la UPM.

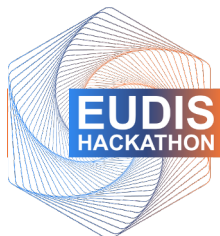


Figura 55. Logo de EUDIS hackathon. Fuente: [25].

Durante los 2 o 3 días que dura esta actividad, los participantes trabajan de manera intensiva en el diseño y el prototipado de productos tecnológicos que responden a retos actuales y reales relacionados con la defensa.

Los participantes son estudiantes universitarios de grados de ingeniería o relacionados con la tecnología, sin necesidad de pertenecer a la UPM.

Al competir en EUDIS Defense Hackathon, se obtienen reconocimiento y oportunidades laborales dentro de la industria de defensa a nivel europeo. Además, existe la posibilidad de acceder a programas de mentoría en defensa o de recibir ayudas para continuar desarrollando el proyecto presentado tras el hackathon.

El FabLab de la ETSII en este caso podría servir como lugar de entrenamiento y ensayo durante los meses previos a la competición, permitiendo hacer pruebas de prototipos, con el objetivo de llegar al hackathon lo mejor preparado posible.

5.6. ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN

Las actividades de difusión representan una vía fundamental para acercar la labor del FabLab a la sociedad y potenciar su impacto tanto dentro como fuera de la ETSII. Contar con un FabLab en la Escuela completamente integrado en su funcionamiento, no solo permite mostrar las capacidades tecnológicas y creativas del centro, sino que también facilita la participación en eventos educativos, ferias, jornadas y concursos, promoviendo el aprendizaje práctico, la innovación y el interés por la ingeniería. A continuación, se describen algunas de las principales actividades de difusión en las que el FabLab puede desempeñar un papel destacado, contribuyendo a la visibilidad y proyección de la ETSII.

5.6.1. AULA

AULA es la feria educativa de referencia en España, donde universidades, centros de formación y empresas presentan su oferta académica y tecnológica a miles de estudiantes, familias y profesionales de la educación.



Figura 56. Celebración de la feria AULA. Fuente: Ifema Madrid.

Presentar el FabLab en AULA permite visibilizar el compromiso de la ETSII con la innovación y el aprendizaje práctico, atrayendo el interés de futuros estudiantes y posicionando a la escuela como un referente en la integración de la tecnología en la formación universitaria.

En este evento, el FabLab podría participar dentro del stand de la UPM mostrando proyectos de fabricación digital, prototipos realizados por estudiantes y demostraciones en vivo de tecnologías como la impresión 3D o el corte láser.

5.6.2. JORNADAS DE PUERTAS ABIERTAS

Las jornadas de puertas abiertas están orientadas a futuros estudiantes universitarios y sus familias, ofreciéndoles la oportunidad de conocer de primera mano la Escuela, sus titulaciones y sus servicios.

Un FabLab con las características propuestas puede enriquecer estas jornadas mediante visitas guiadas a sus instalaciones, exhibición de proyectos desarrollados por estudiantes y talleres demostrativos, como ocurre, por ejemplo, con el FabLab de la ETSIDI. Esto haría que la percepción de la ETSII resultase más atractiva de cara a los posibles futuros estudiantes, además de reforzar la imagen de la ETSII como una institución moderna y orientada a la innovación.

5.6.3. LA INGENIERÍA EN TUS MANOS

La Ingeniería en tus Manos [26] es un concurso donde grupos de estudiantes de colegios, liderados por un profesor de su centro, diseñan y fabrican un dispositivo haciendo uso de la programación electrónica.

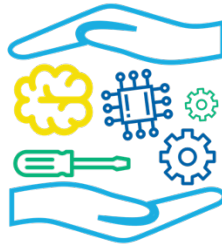


Figura 57. Logo del concurso La Ingeniería en tus Manos. Fuente: [26]

La ETSII organiza charlas y talleres gratuitos abiertos a los equipos participantes en este reto, para colaborar en el desarrollo de su proyecto.

El equipo del FabLab propuesto en este proyecto podría encargarse de organizar estas actividades, además de ofrecer asesoramiento técnico, apoyo en la fabricación de prototipos. Adicionalmente, durante un horario determinado, el espacio del FabLab y sus recursos podrían estar disponibles para que los aspirantes desarrollasen parte de su proyecto allí.

6. PROPUESTAS DE MODELO DE FABLAB EN LA ETSII

A continuación, se van a tratar distintos aspectos importantes a la hora de montar un FabLab, particularmente, para un FabLab en la ETSII. Paralelamente, se van a presentar tres planteamientos de FabLab para la ETSII con distinto alcance. En cada uno de los aspectos que se van a desarrollar, se particularizará para cada uno de los modelos, en caso de que sea necesario.

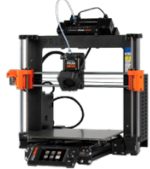
- **Modelo A:** espacio compacto y funcional, con las herramientas de fabricación digital y prototipado mínimas que cubran las necesidades esenciales de un FabLab.
- **Modelo B:** FabLab completo y versátil que no se excede en coste ni espacio, con equipamiento variado adaptado a las necesidades de estudiantes de ingeniería.
- **Modelo C:** FabLab con equipamiento de última generación que permite el desarrollo de proyectos completos. Espacio amplio que sirve de referencia en fabricación digital. Este modelo puede verse como objetivo a largo plazo al que el FabLab de la ETSII puede aspirar, más que un modelo de FabLab del que partir.

6.1. EQUIPAMIENTO

Se va a proponer un listado de máquinas y herramientas para cada uno de los tres modelos, y a sugerir un ejemplo específico para cada caso.

6.1.1. EQUIPAMIENTO DEL MODELO A

La *Tabla 3* incluye la maquinaria coherente para el modelo A, es decir, la mínima que permitirá a los usuarios iniciarse en fabricación digital, se corresponde con la impuesta como fundamental por la Fab Foundation.

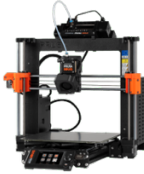
Elemento	Cantidad	Ejemplo	Imagen
Impresora 3D FDM	1	Prusa MK4	
Cortadora láser pequeña	1	Flux Beamo	
Fresadora CNC de escritorio	1	Rolannd SRM-20	

Cortadora de vinilo pequeña	1	Silhouette Portrait 3	
Máquina de corte por hilo de escritorio	1	PolyShaper Oranje	
Kit de herramientas manuales	1	Kit Mannesmann M29088	
Multímetro digital básico	1	UNI-T UT33D	
Osciloscopio digital	1	Rigol DS1054Z	
Estación de soldadura básica	1	Weller WE1010	
Juego de herramientas manuales básicas para electrónica	1	HRV810	

Tabla 3. Herramientas propuestas para el modelo A. Fuente: elaboración propia.

6.1.2. EQUIPAMIENTO DEL MODELO B

Con el objetivo de crear un FabLab versátil y en el que se pueda fabricar prácticamente cualquier cosa que se pueda imaginar y en el que puedan llevarse a cabo todas o casi todas las actividades propuestas en páginas anteriores, se propone el siguiente equipamiento para el FabLab de la ETSII:

Elemento	Cantidad	Ejemplo	Imagen
Impresora 3D FDM	2	Prusa MK4	

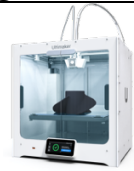
Impresora de resina básica	1	Anycubic	
Cortadora láser mediana	1	Glowforge Plus	
Fresadora CNC de escritorio	1	Roland SRM-20	
Plotter de corte medio	1	Roland GS-24	
Máquina de corte por hilo	1	Cream200	
Estación de soldadura	1	Weller WE1010	
Prensa térmica para textiles	1	Stahls Clam Basic	
Kit de herramientas rotativas eléctricas	2	Kit Dremel 4000 Platinum Edition	
Taladro eléctrico	2	Taladro Bosch GSB 13 RE	
Lijadora eléctrica	2	Mini lijadora Black & Decker Mouse	
Juego de herramientas manuales	2	Kit Mannesmann M29088	
Multímetro digital	3	Fluke 117	

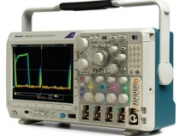
Osciloscopio digital	2	Rigol DS1054Z	
Estación de soldadura básica	2	Weller WE1010	
Estación de retrabajo con aire caliente	1	Quick 861DW	
Juego de herramientas manuales básicas para electrónica	2	HRV810	

Tabla 4. Herramientas propuestas para el modelo B. Fuente: elaboración propia.

6.1.3. EQUIPAMIENTO DEL MODELO C

Entre las herramientas que equiparán el FabLab del modelo C aparecerán algunas que no existían en los modelos A y B y habrá más unidades de muchas de las que sí existían. Además, la mayoría de los ejemplos propuestos en la Tabla 5 tienen un carácter más profesional y un alcance más industrial que los ejemplos de los modelos anteriores.

Elemento	Cantidad	Ejemplo	Imagen
Impresora 3D FDM	3	Ultimaker S5	
Impresora 3D de resina	2	Formlabs Form 3L	
Impresora 3D SLS	1	Sinterit Lisa Pro	
Cortadora láser industrial	1	Trotec Speedy 400	
Cortadora láser mediana	1	Glowforge Plus	

Fresadora CNC grande	1	ShopBot PRSalpha	
Fresadora CNC de sobremesa	1	Roland SRM-20	
Cortadora de vinilo profesional	1	Roland CAMM-1 GS-24	
Plotter de corte medio	1	Roland GS-24	
Máquina de corte por hilo	1	Cream200	
Prensa térmica industrial	1	Microtec PSTM-48	
Escáner 3D profesional	1	Artec Eva	
Estación de soldadura básica	2	Weller WE1010	
Estación de soldadura avanzada	2	JBC CD-2SQE	
Osciloscopio digital avanzado	2	Tektronix MDO3000	
Multímetro profesional	2	Fluke 289	
Kit de herramientas rotativas eléctricas	3	Kit Dremel 4000 Platinum Edition	
Taladro eléctrico	3	Taladro Bosch GSB 13 RE	

Lijadora eléctrica	3	Mini lijadora Black & Decker Mouse	
Juego de herramientas manuales	3	Kit Mannesmann M29088	
Estación de retrabajo con aire caliente	2	Quick 861DW	
Juego de herramientas manuales básicas para electrónica	3	HRV810	

Tabla 5. Herramientas propuestas para el modelo C. Fuente: elaboración propia.

6.2. ESPACIO Y DISTRIBUCIÓN

El FabLab debe permitir trabajar en la fabricación y ensamblaje de productos de manera cómoda y ordenada. Considerando esto, se va a presentar una posible disposición para cada uno de los modelos, para hacer una idea de la superficie que será necesaria en cada caso.

Para el mobiliario necesario se va a seleccionar el mismo para las tres propuestas, variando únicamente las cantidades. Los elementos de mobiliario se muestran, con su respectivo modelo seleccionado, en la Tabla 6.

Elemento	Modelo	Imagen
Mesa trabajo	Simon Rack Banco de Trabajo Taller	
Mesa soporte máquinas	Mesa de trabajo metálica Q-rax	
Estanterías 2 ud	Yaheetech Set de 2pcs Estanterias Almacenaje Metalicas	

Armario taller	Armario KJELLER	
Taburetes taller regulables	Höbert Technik - Taburete de Taller Ajustable	

Tabla 6. Mobiliario propuesto para el FabLab. Fuente: elaboración propia.

Además, para interpretar correctamente los esquemas de disposición del espacio que se muestran en los siguientes subapartados, se añade la Tabla 7. Esa tabla indica las medidas de todas las máquinas, en cm, además de indicar el color en el que aparecerán en los planos y las unidades de cada una que hay en cada modelo de FabLab. Las herramientas que no aparecen en esta tabla no estarán representadas en los planos porque se ha considerado que es mejor tenerlas en los armarios o estanterías del FabLab, debido a que son herramientas móviles y es más eficaz su utilización en las mesas de trabajo.

Tipo máquina	Modelo máquina	A	B	C	Medidas en cm (anc x prof x alt)	
Cortadora de vinilo pequeña	Silhouette Portrait 3	1			43 x 14 x 12	
Cortadora de vinilo profesional	Roland CAMM-1 GS-24			1	85 x 30 x 30	
Cortadora láser industrial	Trotec Speedy 400			1	140 x 100 x 110	
Cortadora láser mediana	Glowforge Plus		1	1	96 x 52 x 21	
Cortadora láser pequeña	Flux Beamo	1			61 x 45 x 18	
Estación de retrabajo con aire caliente	Quick 861DW		1	2	18 x 25 x 15	
Estación de soldadura básica	Weller WE1010	1	2	2	15 x 20 x 12	
Estación de soldadura avanzada	JBC CD-2SQE			2	15 x 22 x 12	
Fresadora CNC de escritorio	Roland SRM-20	1	1	1	45 x 40 x 42	
Fresadora CNC grande	ShopBot PRSalpha			1	250 x 150 x 160	
Impresora 3D de resina	Formlabs Form 3L			2	77 x 52 x 74	
Impresora 3D FDM	Prusa MK4	1	2		50 x 55 x 40	
Impresora 3D FDM	Ultimaker S5			3	50 x 50 x 50	
Impresora 3D SLS	Sinterit Lisa Pro			1	60 x 70 x 80	
Impresora de resina básica	Anycubic		1		30 x 30 x 50	
Máquina de corte por hilo	Cream200		1	1	60 x 50 x 60	
Máquina de corte por hilo de escritorio	PolyShaper Oranje	1			60 x 45 x 50	

Osciloscopio digital	Rigol DS1054Z	1	2		32 x 15 x 13	
Osciloscopio digital avanzado	Tektronix MDO3000			2	37 x 20 x 15	
Plotter de corte medio	Roland GS-24		1	1	85 x 30 x 30	
Prensa térmica industrial	Microtec PSTM-48			1	204 × 157 × 177	
Prensa térmica para textiles	Stahls Clam Basic		1		71 x 46 x 48	
Mesa trabajo	Simon Rack Banco de Trabajo Taller	1	3	5	90 x 120 x 75	
Mesa soporte máquinas	Mesa de trabajo metálica Q-rax	5	8	14	60 x 120 x 90	
Estanterías 2 ud	Yaheetech Set de 2pcs Estanterías Almacenaje Metalicas	1	2	4	45x120x180	
Armario taller	Armario KJELLER	1	2	4	39 x 68 x 166	
Taburetes taller regulables	Högert Technik - Taburete de Taller Ajustable	3	9	15	46,5 x 46,5 x 52	

Tabla 7. Medidas y código de colores de todas las máquinas de los modelos. Fuente: elaboración propia.

En todas las opciones se distribuirán los elementos de la tabla en las siguientes zonas:

- Zona para máquinas de fabricación digital.
- Zona para máquinas de electrónica.
- Zona de trabajo, equipada con sillas y mesas para permitir a los usuarios ensamblar sus creaciones o diseñar sus prototipos.
- Zona de almacenaje, con estanterías y armarios para guardar herramientas, materiales y proyectos sin acabar de los usuarios.

6.2.1. DISPOSICIÓN DEL FABLAB A

El espacio necesario para instalar un FabLab del modelo A será de 20 m², aproximadamente. No permite el trabajo simultáneo de muchas personas y la separación entre las distintas zonas del FabLab es poca.

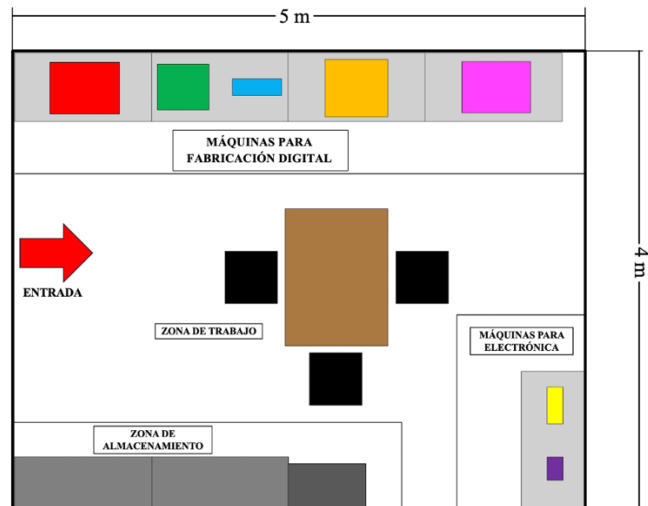


Figura 58. Plano esquemático a escala del modelo de FabLab A. Fuente: elaboración propia.

6.2.2. DISPOSICIÓN DEL FABLAB B

El espacio de este modelo es más amplio, 50 m². Este FabLab permite que una mayor cantidad de usuarios estén trabajando al mismo tiempo. Además, las zonas con máquinas son más accesibles y se puede hacer uso de ellas con mayor comodidad. En el caso de la zona de máquinas de fabricación digital, hay una pequeña separación entre las máquinas de corte que pueden soltar restos de material cuando funcionan, y el resto de los equipos.

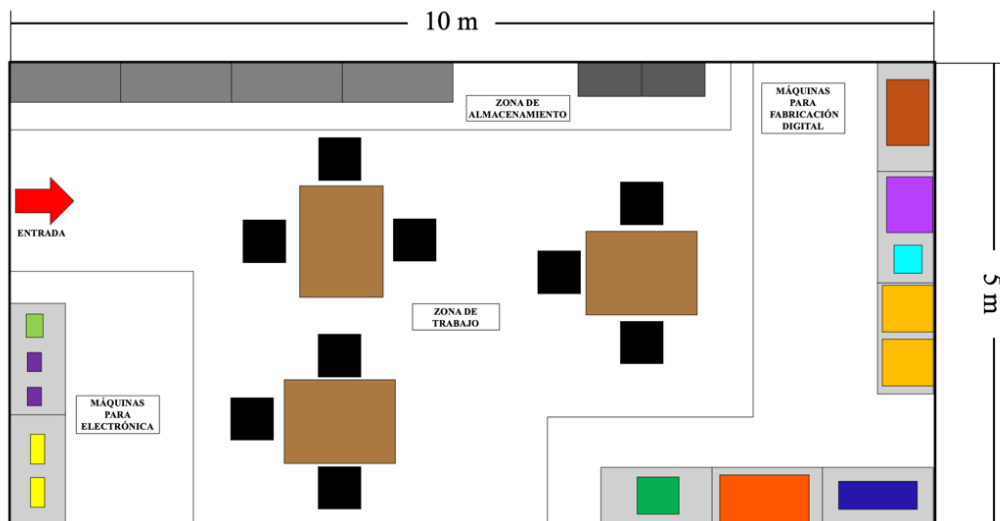


Figura 59. Plano esquemático a escala del modelo de FabLab B. Fuente: elaboración propia.

6.2.3. DISPOSICIÓN DEL FABLAB C

En esta última opción, con una superficie total de 160 m², se distinguen varios ambientes. Existen dos salas independientes, separadas con paredes del resto del espacio: el almacén y una sala donde se ubican las máquinas de gran tamaño, para evitar que sus vibraciones se transmitan al resto de equipos. También aumenta el número de personas que pueden ocupar la zona de trabajo a la vez.

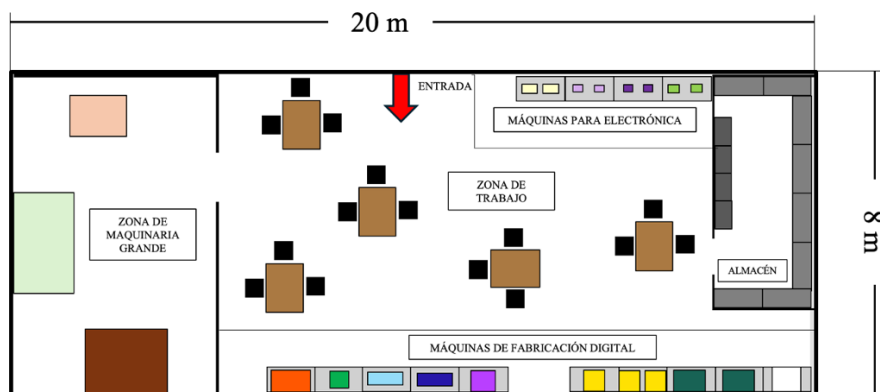


Figura 60. Plano esquemático a escala del modelo de FabLab C. Fuente: elaboración propia.

6.3. INSTALACIONES AUXILIARES

Pese a que el FabLab está ideado para poder ejecutar en él todas las fases de diseño y fabricación de un producto o prototipo, probablemente sea necesario hacer uso puntual de otras aulas de la ETSII. Deberán ser los miembros del equipo encargado del FabLab los hablen con la ETSII para coordinar esto cuando se dé el caso.

Aunque podría diseñarse un FabLab que contase con salas con estos fines, no resulta útil hacerlo, ya que no se les daría apenas uso a estos lugares, sobre todo cuando la Escuela ya cuenta con espacios con las características que se buscan. Algunos ejemplos de situaciones en las que sería necesario pedir espacios prestados a la Escuela:

- Para cursos de diseño con CAD organizados por el FabLab, que sea necesaria una sala con varios ordenadores.
- Para lecciones teóricas previas al uso de las máquinas como tal, donde haya escritorios para que los alumnos puedan tomar notas.
- Para proyectos determinados que necesiten algún equipo en concreto que no existe en el FabLab, pero sí en algún laboratorio de la ETSII.

6.4. TIENDA DEL FABLAB

Empleando como referente el centro de materiales del FabLab de la Universidad de Westminster, incluir una tienda de materiales en el FabLab es una manera de facilitar la experiencia de los usuarios, además de mejorar la autonomía del espacio. De esta

manera también se garantiza la compatibilidad de los materiales y la maquinaria del FabLab.

Al ofrecer materiales, se elimina la necesidad de que el usuario tenga que traer sus propios recursos, suprimiendo un obstáculo común, sobre todo para estudiantes que quieren iniciarse en la fabricación digital. Existe la posibilidad que para determinados proyectos, el usuario tenga que encargarse de comprar su propio material por ser este muy específico, pero la intención de crear una tienda es que esta no sea la tónica general.

Esta tienda sería también una fuente de ingresos para el FabLab, sin olvidar que la meta principal del FabLab no es ganar dinero y, por lo tanto, los precios de los materiales que se oferten deben ir acorde con esto. Los precios deben ser accesibles (como máximo un 10 – 15% por encima del coste) y no debe exigirse un mínimo de compra, teniendo en cuenta que el contexto del FabLab es principalmente universitario.

Los materiales disponibles en la tienda serán similares para los tres modelos, pero habrá ciertas diferencias debido a la existencia de algunas máquinas en modelos superiores que no existe en los modelos más económicos. Una lista de materiales para cada tipo de FabLab sería:

- Tienda del FabLab del modelo A:
 - Filamento PLA y PETG
 - Lámina MDF
 - Lámina metacrilato
 - Lámina de vinilo
 - Placas de microcontroladores: Arduino UNO y ESP32
 - Protoboard
 - Carrete de estaño para soldar
 - Jumper
 - Kit de componentes electrónicos
 - Kit de sensores básicos
 - Kit tornillería
- Tienda del FabLab del modelo B:
 - Filamento PLA y PETG
 - Resina
 - Lámina MDF
 - Lámina metacrilato
 - Lámina de vinilo
 - Placas de microcontroladores: Arduino UNO y ESP32
 - Protoboard
 - Carrete de estaño para soldar
 - Jumper
 - Kit de sensores básicos
 - Kit de componentes electrónicos
 - Kit tornillería
- Tienda del FabLab del modelo C:
 - Filamento PLA y PETG
 - Polvo de nylon
 - Resina
 - Lámina MDF
 - Lámina metacrilato

- Lámina aluminio
- Lámina de vinilo
- Placas de microcontroladores: Arduino UNO y ESP32
- Protoboard
- Carrete de estaño para soldar
- Jumper
- Kit de sensores básicos
- Kit de componentes electrónicos
- Kit tornillería
- Spray para acabado
- Barniz para acabado

Los materiales de la tienda podrán ir variando en función de la demanda de los usuarios y bajo el criterio del equipo del FabLab.

6.5. PRESUPUESTO

En este apartado se desglosará el dinero necesario, para los tres modelos planteados, para la instalación de un FabLab y su mantenimiento.

6.5.1. PRESUPUESTO INICIAL

El presupuesto inicial será el necesario para poner en marcha el espacio del FabLab desde cero, es decir, el capital que habrá que destinar a la compra de:

- Las herramientas y los equipos que estarán a disposición del FabLab. Los precios que se tendrán en cuenta son los de los equipos propuestos como ejemplo en cada caso.
- El mobiliario del FabLab, que incluye bancos de trabajo, taburetes, superficies para colocar las máquinas de sobremesa y elementos de almacenaje.
- Los materiales que servirán de inventario inicial para la tienda, aunque después será el tesorero el que se encargue de este asunto.

6.5.1.1. PRESUPUESTO INICIAL PARA EL MODELO A

En la siguiente Tabla 8, se muestra el coste de la compra de las herramientas que estarán disponibles en el FabLab A. En este caso, solamente habrá una unidad de cada máquina propuesta, por lo que el precio unitario y el precio total coincidirá en cada fila de la tabla.

Equipo	Precio Unitario	Cantidad	Precio total
Impresora 3D FDM	1.100 €	1	1.100 €
Cortadora láser pequeña	1.500 €	1	1.500 €
Fresadora CNC de escritorio	3.700 €	1	3.700 €
Cortadora de vinilo pequeña	250 €	1	250 €

Máquina de corte por hilo de escritorio	500 €	1	500 €
Kit de herramientas manuales	150 €	1	150 €
Multímetro digital básico	25 €	1	25 €
Osciloscopio digital	430 €	1	430 €
Estación de soldadura básica	250 €	1	250 €
Juego de herramientas básicas para electrónica	70 €	1	70 €
TOTAL:			7.975 €

Tabla 8. Precios de las máquinas propuestas para el modelo de FabLab A. Fuente: elaboración propia.

Atendiendo al mobiliario necesario para un FabLab con estas características, que está representado en el plano de la Figura 58, el presupuesto destinado a esta causa será el que muestra la *Tabla 9*.

Elemento	Precio Unitario	Cantidad	Coste Total
Mesa trabajo	70,00 €	1	70,00 €
Mesa soporte máquinas	70,00 €	5	350,00 €
Estanterías 2 ud	125,00 €	1	125,00 €
Armario taller	75,00 €	1	75,00 €
Taburetes taller regulables	45,00 €	3	135,00 €
TOTAL:			755,00 €

Tabla 9. Precio del mobiliario necesario para el modelo de FabLab A. Fuente: elaboración propia.

El último punto que tratar para estimar el presupuesto inicial necesario para poner en marcha un FabLab del tipo A es el inventario inicial de material que debe haber en la tienda del FabLab, para permitir que los usuarios comiencen a desarrollar sus proyectos. Los materiales y componentes en este modelo serán muy básicos y habrá una pequeña cantidad de cada uno de ellos.

Material	Formato	Precio Unitario	Cantidad	Coste Total
Filamento PLA	Rollo ~1kg	15,00 €	2	30,00 €
Filamento PETG	Rollo ~1kg	15,00 €	2	30,00 €
Lámina MDF	10 láminas 20x30cm	10,00 €	1	10,00 €
Lámina metacrilato	10 placas 15x20	15,00 €	1	15,00 €
Lámina de vinilo	Rollo 40x200cm	2,50 €	5	12,50 €
Placa Arduino UNO	Unidad	3,00 €	3	9,00 €
Placa ESP32	Unidad	3,50 €	3	10,50 €
Protoboard	Unidad	0,50 €	5	2,50 €
Carrete de estaño para soldar	Carrete 100g (1mm)	5,00 €	2	10,00 €
Jumper	120 unidades	8,00€	1	8,00€
Kit de componentes electrónicos	830 piezas (resistencias, LED, zumbadores...)	8,00€	2	16,00 €

Kit de sensores básicos	Kit con 40 unidades	15,00 €	1	15,00 €
Kit tornillería	320 piezas variadas (tornillos, tuercas y arandelas)	3,00 €	2	6,00 €
TOTAL:				174,50 €

Tabla 10. Inventario inicial para la tienda del FabLab del modelo A. Fuente: elaboración propia.

6.5.1.2. PRESUPUESTO INICIAL PARA EL MODELO B

Considerando el equipamiento y los precios de los ejemplos propuestos mencionados en la Tabla 4, el coste que supondrá su compra será el que se muestra a continuación, en la Tabla 11.

Equipo	Precio Unitario	Cantidad	Precio total
Impresora 3D FDM	1.000 €	2	2.000 €
Impresora 3D de resina	300 €	1	300 €
Cortadora láser	5.500 €	1	5.500 €
Fresadora CNC de escritorio	3.700 €	1	3.700 €
Plotter de corte	2.000 €	1	2.000 €
Máquina de corte por hilo	700 €	1	700 €
Prensa térmica	350 €	1	350 €
Kit de herramientas rotativas eléctricas	200 €	2	400 €
Taladro eléctrico	75 €	2	150 €
Lijadora eléctrica	30 €	2	60 €
Kit de herramientas manuales	200 €	2	400 €
Estación de soldadura	150 €	2	300 €
Multímetro digital	200 €	3	600 €
Osciloscopio digital	400 €	2	800 €
Estación de retrabajo	400 €	1	400 €
Kit herramientas para electrónica	100 €	2	200 €
TOTAL:			17.860 €

Tabla 11. Precios de las máquinas propuestas para el modelo de FabLab B. Fuente: elaboración propia.

Para adquirir todo el mobiliario representado en la Figura 59, habrá que destinar un importe igual al definido en la Tabla 12.

Elemento	Precio Unitario	Cantidad	Coste Total
Mesa trabajo	70,00 €	3	210,00 €
Mesa soporte máquinas	70,00 €	8	560,00 €
Estanterías 2 ud	125,00 €	2	250,00 €
Armario taller	75,00 €	2	150,00 €
Taburetes taller regulables	45,00 €	9	405,00 €

TOTAL:	1.575,00 €
---------------	-------------------

Tabla 12. Precio del mobiliario necesario para el modelo de FabLab B. Fuente: elaboración propia.

El inventario inicial de la tienda del modelo B del FabLab contará con pocos materiales con los que no cuenta la tienda del modelo A, la diferencia fundamental reside en la cuantía de materiales. En la Tabla 13 se ve que las cantidades de todos los materiales son mayores en este caso, pues este modelo de FabLab está diseñado para que se lleven a cabo mayor cantidad de proyectos en él y, por lo tanto, los materiales se gastarán más rápido, siendo necesario tener más.

Material	Formato	Precio Unitario	Cantidad	Coste Total
Filamento PLA	Rollo ~1kg	15,00 €	6	90,00 €
Filamento PETG	Rollo ~1kg	15,00 €	6	90,00 €
Resina	Bote 500g	25,00 €	4	100,00 €
Lámina MDF	10 láminas 20x30cm	10,00 €	2	20,00 €
Lámina metacrilato	10 placas 15x20	15,00 €	2	30,00 €
Lámina de vinilo	Rollo 40x200cm	2,50 €	8	20,00 €
Placa Arduino UNO	Unidad	3,00 €	8	24,00 €
Placa ESP32	Unidad	3,50 €	8	28,00 €
Protoboard	Unidad	0,50 €	10	5,00 €
Carrete de estaño para soldar	Carrete 100g (1mm)	5,00 €	4	20,00 €
Jumper	120 unidades	8,00 €	2	16,00 €
Kit de sensores básicos	Kit con 40 unidades	15,00 €	3	45,00 €
Kit de componentes electrónicos	830 piezas (resistencias, LED, zumbadores...)	8,00 €	4	32,00 €
Kit tornillería	320 piezas variadas (tornillos, tuercas y arandelas)	3,00 €	5	15,00 €
TOTAL:				488,00 €

Tabla 13. Inventario inicial para la tienda del FabLab del modelo B. Fuente: elaboración propia.

6.5.1.3. PRESUPUESTO INICIAL PARA EL MODELO C

Los ejemplos propuestos para las herramientas que compondrían un FabLab del modelo C tendrán un precio notablemente más alto que los que hemos visto para los modelos A y B, debido a su mayor calidad y alcance. Por esto, el coste de equipar completamente este modelo de FabLab, recogido en la Tabla 14, será mucho más alto que el del modelo anterior.

Equipo	Precio Unitario	Cantidad	Precio total
Impresora 3D FDM	6.000 €	3	18.000 €
Impresora 3D de resina	10.000 €	2	20.000 €
Impresora 3D SLS	13.000 €	1	13.000 €
Cortadora láser industrial	15.000 €	1	15.000 €
Cortadora láser mediana	5.500 €	1	5.500 €
Fresadora CNC grande	18.000 €	1	18.000 €
Fresadora CNC de sobremesa	3.700 €	1	3.700 €
Cortadora de vinilo profesional	2.000 €	1	2.000 €
Plotter de corte medio	2.000 €	1	2.000 €
Máquina de corte por hilo	700 €	1	700 €
Prensa térmica industrial	1.000 €	1	1.000 €
Escáner 3D profesional	15.000 €	1	15.000 €
Estación de soldadura básica	150 €	2	300 €
Estación de soldadura avanzada	600 €	2	1.200 €
Osciloscopio digital avanzado	2.800 €	2	5.600 €
Multímetro profesional	400 €	2	800 €
Kit de herramientas rotativas eléctricas	200 €	3	600 €
Taladro eléctrico	75 €	3	225 €
Lijadora eléctrica	30 €	3	90 €
Juego de herramientas manuales	200 €	3	600 €
Estación de retrabajo con aire caliente	400 €	2	800 €
Juego de herramientas manuales básicas para electrónica	100 €	3	300 €
TOTAL:			124.415 €

Tabla 14. Precios de las máquinas propuestas para el modelo de FabLab C. Fuente: elaboración propia

El coste asociado a la compra de mobiliario en este modelo se muestra desglosado en la Tabla 15:

Elemento	Precio Unitario	Cantidad	Coste Total
Mesa trabajo	70,00 €	5	350,00 €
Mesa soporte máquinas	70,00 €	14	980,00 €
Estanterías 2 ud	125,00 €	4	500,00 €
Armario taller	75,00 €	4	300,00 €
Taburetes taller regulables	45,00 €	15	675,00 €
TOTAL:			2.805,00 €

Tabla 15. Precio del mobiliario necesario para el modelo de FabLab C. Fuente: elaboración propia.

Por último, debido a las nuevas máquinas del modelo C con respecto a los otros modelos, y a la gran dimensión de este FabLab, su tienda tendrá una amplia variedad de materiales desde un primer momento y la cantidad de estos irá acorde con el tamaño del espacio.

Material	Formato	Precio Unitario	Cantidad	Coste Total
Filamento PLA	Rollo ~1kg	15,00 €	10	150,00 €
Filamento PETG	Rollo ~1kg	15,00 €	10	150,00 €

Polvo de nylon	Bote 500g	35,00 €	6	210,00 €
Resina	Bote 500g	25,00 €	10	250,00 €
Lámina MDF	10 láminas 20x30cm	10,00 €	5	50,00 €
Lámina metacrilato	10 placas 15x20	15,00 €	5	75,00 €
Lámina aluminio	2 láminas 100x100cm	3,00 €	20	60,00 €
Lámina de vinilo	Rollo 40x200cm	2,50 €	20	50,00 €
Placa Arduino UNO	Unidad	3,00 €	20	60,00 €
Placa ESP32	Unidad	3,50 €	20	70,00 €
Protoboard	Unidad	0,50 €	20	10,00 €
Carrete de estaño para soldar	Carrete 100g (1mm)	5,00 €	5	25,00 €
Carrete de estaño para soldar	Carrete 100g (0,8mm)	5,00 €	5	25,00 €
Jumper	120 unidades	8,00 €	5	40,00 €
Kit de sensores básicos	Kit con 40 unidades	15,00 €	6	90,00 €
Kit de componentes electrónicos	830 piezas (resistencias, LED, zumbadores...)	8,00 €	6	48,00 €
Kit tornillería	880 piezas variadas (tornillos, tuercas y arandelas)	10,00 €	3	30,00 €
Spray para acabado	Bote 400ml	5,00 €	5	25,00 €
Barniz para acabado	Bote 250ml	10,00 €	2	20,00 €
TOTAL:				1.438,00 €

Tabla 16. Inventario inicial para la tienda del FabLab del modelo C. Fuente: elaboración propia.

6.5.1.4. RESUMEN Y COMPARACIÓN DE PRESUPUESTOS INICIALES

Para poder comparar cómodamente los presupuestos iniciales calculados en los apartados anteriores de los tres modelos diferentes que se plantean en este proyecto, se puede recurrir a la Tabla 17. En ella se muestra, a modo de síntesis y para cada uno de los modelos, el gasto monetario que supone la instalación del FabLab

Modelo	Equipamiento	Mobiliario	Inventario	Total
A	7.975,00 €	755,00 €	174,50 €	8.904,50 €
B	17.860 €	1.575,00 €	488,00 €	19.923,00 €
C	124.415 €	2.805,00 €	1.438,00 €	128.658 €

Tabla 17. Resumen de presupuestos iniciales de los tres modelos. Fuente: elaboración propia.

6.5.2. PRESUPUESTO ANUAL

El FabLab, con los ingresos que consiga, debería ser capaz de solventar los gastos que surjan a lo largo del año, entre los que estarán:

- Pagos a instructores de los cursos organizados.
- Compra de materiales para inventario de la tienda.
- Reposición de herramientas estropeadas.
- Amortización de las máquinas.

El presupuesto que debe ser destinado a la amortización de los equipos será considerablemente mayor que el del resto de gastos mencionados, por lo que es este último gasto el que se va a desarrollar en este apartado. El dinero correspondiente a la amortización anual de todas las máquinas del FabLab se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Amortización anual} = \frac{(\text{Nº equipos} * \text{Precio del equipo})}{\text{Años de vida del equipo}}$$

A continuación, se mostrarán tablas con los años de vida estimados para cada uno de los equipos del FabLab y el valor al que asciende su amortización anual, empleando la fórmula anterior. Estos datos se obtienen considerando los ejemplos propuestos en el apartado 6.1. Los años de vida estimados se obtienen considerando un uso intensivo de los equipos, pero con cuidado técnico y con mantenimiento periódico. Aun así, se aplicará un criterio conservador, para obtener un plan de amortización lo más ajustado a la realidad posible.

No se tendrán en cuenta los diferentes kits de herramientas – manuales o eléctricas – porque la reposición de esos elementos se contempla dentro de los gastos que puede asumir el FabLab.

Equipo	Coste total	Vida útil (años)	Amortización anual
Impresora 3D FDM	1.100 €	4	275 €
Cortadora láser pequeña	1.500 €	4	375 €
Fresadora CNC de escritorio	3.700 €	6	617 €
Cortadora de vinilo pequeña	250 €	4	63 €
Máquina de corte por hilo de escritorio	500 €	4	125 €
Multímetro digital básico	25 €	3	8 €
Osciloscopio digital	430 €	6	72 €
Estación de soldadura básica	250 €	5	50 €
TOTAL:			1.584 €

Tabla 18. Coste de amortización anual de los equipos del modelo A. Fuente: elaboración propia.

Elemento	Coste Total	Vida útil (años)	Amortización anual
Impresora 3D FDM	2.000 €	4	500 €
Impresora 3D de resina	300 €	3	100 €
Cortadora láser	5.500 €	4	1.375 €
Fresadora CNC de escritorio	3.700 €	6	617 €
Plotter de corte	2.000 €	6	333 €
Máquina de corte por hilo	700 €	4	175 €
Prensa térmica	350 €	6	58 €
Estación de soldadura	300 €	5	60 €
Multímetro digital	600 €	6	100 €
Osciloscopio digital	800 €	6	133 €
Estación de retrabajo	400 €	5	80 €
TOTAL:			3.532 €

Tabla 19. Coste de amortización anual de los equipos del modelo B. Fuente: elaboración propia.

Elemento	Coste Total	Vida útil (años)	Amortización anual
Impresora 3D FDM	18.000 €	5	3.600 €
Impresora 3D de resina	20.000 €	4	5.000 €
Impresora 3D SLS	13.000 €	5	2.600 €
Cortadora láser industrial	15.000 €	7	2.143 €
Cortadora láser mediana	5.500 €	5	1.100 €
Fresadora CNC grande	18.000 €	7	2.571 €
Fresadora CNC de sobremesa	3.700 €	5	740 €
Cortadora de vinilo profesional	2.000 €	6	333 €
Plotter de corte medio	2.000 €	6	333 €
Prensa térmica industrial	1.000 €	6	167 €
Escáner 3D profesional	15.000 €	6	2.500 €
Estación de soldadura básica	300 €	6	50 €
Estación de soldadura avanzada	1.200 €	5	240 €
Osciloscopio digital avanzado	5.600 €	6	933 €
Multímetro profesional	800 €	7	114 €
Estación de retrabajo con aire caliente	800 €	6	133 €
TOTAL:			22.559 €

Tabla 20. Coste de amortización anual de los equipos del modelo C. Fuente: elaboración propia.

A modo de resumen, se muestra la Tabla 21, con la suma de dinero que deberá destinarse cada año a causa de la amortización de los equipos del FabLab. Se muestran

los valores de los tres modelos juntos para facilitar la comparación, como se ha hecho en el apartado anterior.

Modelo	Coste anual de amortización de equipos
A	1.584 €
B	3.532 €
C	22.559 €

Tabla 21. Resumen del coste de amortización de equipos de los tres modelos. Fuente: elaboración propia.

6.6. INGRESOS DEL FABLAB

La dirección de la ETSII deberá plantearse la gratuidad o no del uso de las máquinas y los materiales disponibles en la tienda. Existen ambos tipos de FabLab: el FabLab de la ETSIDI tiene unas tarifas fijas de uso de la maquinaria y venden algunos materiales básicos a los usuarios, mientras que el FabLab del CIEC ofrece un uso gratuito de los equipos disponibles y de una pequeña variedad de material.

En caso de decidir que el uso de materiales y máquinas no sea gratuito, las fuentes de ingresos del FabLab provendrán de:

- Patrocinadores que consiga el equipo del FabLab.
- Venta de materiales en la tienda del FabLab, aunque el precio de venta de estos elementos no podrá ser muy elevado, sí se buscará un mínimo beneficio.
- Tarifas por tiempo de uso de las máquinas, con un precio especial para estudiantes de la ETSII.
- Matrícula de los cursos formativos organizados por el FabLab.

Será decisión del Director del FabLab cerciorarse de que estos precios se mantienen dentro de unos valores asequibles, teniendo presente que el objetivo principal del FabLab no es obtener un beneficio económico.

De manera adicional, el FabLab tratará de contar con un pequeño apoyo económico de la UPM y de la ETSII, principalmente para la compra inicial de la maquinaria para poner en marcha el laboratorio.

6.7. ORGANIZACIÓN DEL FABLAB

En la propuesta de FabLab que se presenta en este proyecto, serán alumnos de la Escuela los encargados de su gestión bajo el mando de un profesor designado por la Dirección de la ETSII, con conocimientos sobre fabricación digital y prototipado.

La estructura organizativa que se propone está inspirada en el modelo de gestión de las asociaciones universitarias, buscando la participación de todos sus miembros en la toma de decisiones.

La estructura organizativa propuesta consta de las siguientes figuras:

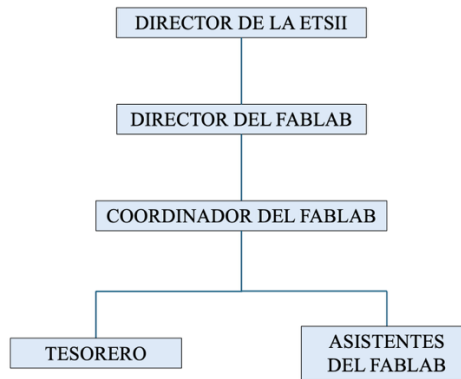


Figura 61. Organigrama del FabLab. Fuente: elaboración propia.

- **Director del FabLab:** figura designada por la dirección de la ETSII cuya misión será garantizar la correcta integración del laboratorio en el entorno académico y su funcionamiento alineado con los valores de la Escuela. No deberá estar presente en la marcha diaria del FabLab, sino que se limitará a su supervisión. Sus funciones serán las siguientes:
 - Representar el FabLab ante la UPM y otras instituciones.
 - Aprobar decisiones tomadas por el equipo del FabLab.
 - Supervisar las actividades y el funcionamiento del FabLab.
 - Designar a los tutores de FabLab, junto a sus respectivos departamentos.
- **Tesorero:** será un estudiante de la escuela, responsable de gestionar la parte económica y logística del FabLab. Las tareas a realizar por el Tesorero serán:
 - Llevar el control de gastos e ingresos del FabLab.
 - Realizar pedidos de reposición de materiales.
- **Asistentes de FabLab:** estudiantes que estarán de manera presencial en el FabLab y encargados de mantener este en funcionamiento en el día a día. Serán ellos mismos los que se organicen los turnos, como ocurriría en una asociación universitaria. Tendrá tareas como:
 - Atender y ayudar a los usuarios
 - Asegurarse de que se hace uso adecuado y seguro de los recursos
 - Realizar el mantenimiento básico de los equipos
- **Coordinador del FabLab:** estudiante que, siguiendo las directrices del Director, organizará y supervisará el funcionamiento del FabLab. Sus funciones serán:
 - Comunicación con el Director del FabLab.
 - De cara a eventos, será el representante del FabLab.
 - Organizar formaciones, talleres, etc. que deberá aprobar el Director.

Además de las figuras que aparecen en la Figura 61, habrá cierto personal con una función determinada dentro del FabLab, sin formar parte de su estructura:

- **Tutor de FabLab:** para cada asignatura que ofrezca un método de evaluación que incluya actividades en el FabLab, habrá un profesor nombrado como “Tutor del FabLab”. No formará parte de la estructura del FabLab. Sus funciones serán las siguientes:
 - Resolver posibles dudas que surjan a los alumnos en el desarrollo de su proyecto, dentro de su asignatura.
 - Evaluar el proyecto final y la presentación correspondiente.

- **Técnico especializado:** siguiendo el ejemplo del FabLab de la ETSIDI, esta persona será un PTGAS (Personal Técnico, de Gestión y Administración y Servicios) que ya esté trabajando en otro laboratorio de la ETSII, pero que esté en el FabLab algunas horas. Esta figura tampoco forma parte de la estructura del FabLab. Su función será aconsejar a los alumnos responsables relacionados con las máquinas o con las técnicas que se lleven a cabo en el FabLab.

6.8. REMUNERACIÓN DE ESTUDIANTES RESPONSABLES

La manera en la que los responsables del FabLab serán remunerados por su servicio es un asunto importante que valorar, que deberá ser decidido finalmente por la Dirección de la Escuela. A continuación, se muestra una propuesta de modelo de remuneración para los estudiantes que se encarguen del funcionamiento del FabLab.

El modelo propuesto trata de evitar que la compensación a los alumnos encargados del FabLab sea en forma de salario tradicional, por las siguientes razones:

- **Conservar el espíritu voluntario,** tratando que la participación en este proyecto esté movida por vocación tecnológica y por la motivación personal de aportar al entorno universitario, y evitando que sea por conseguir dinero a cambio.
- **Evitar complicaciones administrativas** derivadas de introducir salarios, eliminando las gestiones referentes a contratos, cotizaciones y obligaciones laborales.
- **Promover una cultura de comunidad,** generando un ambiente horizontal donde todos los responsables participan con un propósito común y corresponsabilidad.

Los modelos de remuneración que se proponen, lejos de tratar de restar valor al trabajo de los estudiantes que se encargan del FabLab, servirán como reconocimiento en un contexto formativo y comunitario. Por formar parte del equipo del FabLab, todos los miembros podrán recibir una serie de incentivos simbólicos, enfocados en el aprendizaje y el reconocimiento:

- **Becas de colaboración:** becas simbólicas por horas dedicadas para los estudiantes implicados.
- **Reparto de excedentes:** repartir un porcentaje simbólico (20%, por ejemplo) de la caja restante al final del curso entre los estudiantes miembros.
- **Certificados y reconocimientos:** certificados oficiales y créditos optativos al final de cada curso.
- **Uso gratuito de máquinas:** los estudiantes del equipo podrán usar sin coste algunos materiales, con cierto límite marcado el tesorero y aceptado por el director del FabLab.

7. EVALUACIÓN DE IMPACTOS

La evaluación de impactos de la implantación de un FabLab como el descrito en apartados anteriores es esencial para corroborar que contribuye de manera positiva y sostenible y alineada con los valores y los objetivos de la ETSII y de la UPM.

7.1. IMPACTO SOCIAL, ECONÓMICO, MEDIOAMBIENTAL, ETC.

A continuación, se van a analizar una serie de aspectos que permiten comprender el alcance real del FabLab como motor de transformación social, económica y medioambiental.

7.1.1. IMPACTO SOCIAL

El FabLab se implementa como un espacio enfocado principalmente a la comunidad universitaria, pero abierto al público, disponible para estudiantes, investigadores y personal de la UPM, así como para personas externas a esta universidad tecnológica. Este carácter público e inclusivo fomenta:

- La democratización del acceso a tecnología avanzada.
- La cultura maker, facilitando el aprendizaje a través de la experimentación y el uso de herramientas de manera creativa.
- El aprendizaje entre pares, donde los usuarios del laboratorio comparten sus conocimientos y colaboran entre ellos.
- El vínculo entre universidad y la sociedad, colaborando en la innovación social.

7.1.2. IMPACTO ECONÓMICO

Pese a que el FabLab desarrollado en este proyecto trataría de contar con financiación por parte de la ETSII y de la UPM para la compra de los equipos, se plantea un modelo económico sostenible, con las siguientes características:

- Generación de ingresos, que dependerá de los responsables de FabLab mediante la organización de cursos y actividades y la venta de materiales en su tienda.
- Ahorro para estudiantes, que podrán conseguir los materiales necesarios para crear sus prototipos sin necesidad de acudir a proveedores externos y a un precio asequible.
- Oportunidad para el emprendimiento: el FabLab proporciona los recursos para que sus usuarios desarrollen prototipos con objetivo comercial sin que estos dispongan de una infraestructura propia.

7.1.3. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

El FabLab propuesto incluirá y fomentará prácticas responsables con el medio ambiente:

- Separación de residuos y depósito adecuado de componentes electrónicos, cumpliendo la normativa.
- Uso eficiente de materiales, haciendo un uso correcto de los equipos del laboratorio.

7.1.4. IMPACTO EDUCATIVO

La implantación de un FabLab en la ETSII traerá consigo una serie de beneficios relacionados con la formación y la experiencia de aprendizaje de los estudiantes y con la situación de la Escuela dentro del ámbito educativo y universitario:

- Mejora de la reputación institucional de la ETSII, al alienarse con los modelos más innovadores de educación.
- Aumento de la motivación académica, al desarrollar proyectos reales con resultados tangibles a partir de lo aprendido de manera teórica.
- Implicación activa del alumnado en el ambiente universitario, especialmente por parte de los estudiantes que se encarguen de la organización y el funcionamiento de FabLab.
- Refuerzo del trabajo interdisciplinar, de competencias blandas y de competencias transversales, como la creatividad y el trabajo en equipo.
- Aparición de vocaciones tecnológicas y de emprendimiento, proporcionando un ambiente ideal para la ejecución y materialización de ideas innovadoras.

7.2. ANÁLISIS DE ASPECTOS ÉTICOS PERTINENTES A SU ELABORACIÓN Y/O APLICACIÓN

El FabLab lleva consigo unos valores éticos fundamentales que deben preservarse y mantenerse durante su implantación y funcionamiento:

- Acceso abierto y carácter público, obligado por los principios reflejados en la Fab Charter [1].
- Transparencia y documentación de todos los proyectos ejecutados en el FabLab, permitiendo una trazabilidad del uso del espacio y la accesibilidad global al conocimiento generado en él, como exigen la Fab Foundation.
- Responsabilidad en el uso, mediante la firma de una declaración de conocimiento y compromiso con el cumplimiento con las normas de seguridad del FabLab y el uso responsable de sus recursos.

7.3. CONTRIBUCIÓN A LOS ODS

La creación del FabLab en la ETSII contribuye de manera directa a varios de los ODS establecidos por la Agenda 2030 de las Naciones Unidas:

- ODS 4 – Educación de calidad, a través de un aprendizaje práctico con el que madurar las competencias STEAM.
- ODS 8 – Trabajo decente y crecimiento económico, fomentando el emprendimiento y el desarrollo de habilidades útiles en la industria.
- ODS 9 – Industria, innovación e infraestructura, acercando distintas posibilidades de procesos de diseño a los estudiantes y proporcionando recursos tecnológicos para la innovación.
- ODS 11 – Ciudades y comunidades sostenibles, por medio del desarrollo de proyectos que responden a problemas y necesidades sociales reales.
- ODS 12 – Producción y consumo responsables, promoviendo un uso responsable de los recursos y el reciclaje de los residuos.
- ODS 17 – Alianzas para lograr objetivos, formando parte de la comunidad global de FabLabs y con las posibles colaboraciones con universidades o empresas.

8. PLANIFICACIÓN Y PRESUPUESTO DEL TFG

En este apartado se va a exponer la planificación temporal de la realización de este proyecto y los recursos empleados para ello.

8.1. PLANIFICACIÓN DEL TFG

Este TFG se ha planificado y llevado a cabo siguiendo una secuencia lógica de tareas que han permitido ir alcanzando los objetivos propuestos de manera progresiva.

La EDP (Estructura de Descomposición del Proyecto) de este TFG es la siguiente:

1. Análisis preliminar: estudio de FabLabs, localizando las características comunes y buscando referencias organizativas, educativas y funcionales.
2. Idear maneras de integración académica en la ETSII: propuestas de actividades curriculares y extracurriculares relacionadas con la Escuela y sus alumnos.
3. Definición técnica: especificación de infraestructura requerida y de equipamiento adicional para el FabLab.
4. Diseño del espacio: definición de requisitos que debe cumplir el espacio y propuesta de distribución.
5. Establecimiento de una estructura de gobernanza: propuesta de estructura organizativa, basada en la autogestión por los estudiantes.
6. Análisis de impactos: estudio de las consecuencias que la implantación del FabLab tendría en distintos ámbitos (social, económico, ambiental, educativo)
7. Visitas informativas: para obtener ideas que implementar a este nuevo FabLab.
8. Redacción de la memoria del proyecto.
9. Reuniones con el tutor del proyecto.
10. Estimación de recursos asociados al desarrollo del proyecto.

Este trabajo se ha ejecutado a lo largo de 16 semanas, contando desde el 3 de marzo de 2025 hasta el 22 de junio de 2025, la fecha límite de entrega. La distribución temporal de las tareas se muestra en el diagrama de Gantt de la Figura 62.

	Sem 1 y 2	Sem 3 y 4	Sem 5 y 6	Sem 7 y 8	Sem 9 y 10	Sem 11 y 12	Sem 13 y 14	Sem 15 y 16
Análisis preliminar								
Idear maneras de integración académica								
Definición técnica								
Diseño del espacio								

Establecimiento de estructura de gobernanza								
Análisis de impactos								
Visitas								
Redacción								
Reuniones								
Estimación de recursos								

Figura 62. Diagrama de Gantt de la ejecución del TFG. Fuente: elaboración propia.

8.2. PRESUPUESTO DEL TFG

El presupuesto del TFG contempla los siguientes conceptos:

- **Tiempo de trabajo del estudiante:** Se estima que la realización del TFG ha requerido una dedicación aproximada de 350 horas, que se valorarán teniendo en cuenta el salario medio redondeado de un ingeniero en prácticas en España [27], que corresponde a 7€ por hora. El coste asociado al tiempo de trabajo del estudiante asciende a 2450 €. Las 350 horas consideradas incluyen:
 - Revisión bibliográfica y trabajo documental.
 - Elaboración de los contenidos teóricos y técnicos.
 - Redacción y edición del documento final.
 - Reuniones con el tutor.
 - Desplazamientos a diferentes FabLabs para visitas presenciales y toma de datos.
- **Tiempo de trabajo del tutor:** se considera que la dedicación del tutor ha sido del 10% del total de las horas empleadas, es decir, 35 horas. Considerando un salario bruto medio de profesor universitario, aproximadamente 35 € / hora, la dedicación del tutor tendrá un coste asociado de 1225 €.
- **Amortización del equipo informático:** para desarrollar el proyecto, la herramienta de trabajo ha sido un ordenador personal valorado en 1.000 €, cuya vida útil puede estimarse en unos cinco años. Considerando que este TFG se ha llevado a cabo durante casi 4 meses, se imputa una amortización proporcional al período de trabajo, es decir, aproximadamente 70 €.

- **Licencias de software:** durante el trabajo se ha hecho uso del paquete Microsoft 365, concretamente de las aplicaciones Word, PowerPoint y Excel, herramientas fundamentales para la redacción del trabajo, la organización de contenidos, la elaboración de gráficos. Actualmente, el paquete Microsoft 365 cuesta 10 € al mes, por lo que considerando de nuevo 4 meses, el coste de esta herramienta se valora en 40 €.

El resumen del presupuesto estimado a la realización de este proyecto se muestra en la Tabla 22.

Concepto	Coste
Tiempo de trabajo de estudiante	2.450 €
Tiempo de trabajo de tutor	1.225 €
Amortización de ordenador	70 €
Licencias de software	40 €
TOTAL:	3.785 €

Tabla 22. Presupuesto de este TFG. Fuente: elaboración propia.

9. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

9.1. CONCLUSIONES

El presente TFG ha permitido abordar, desde una perspectiva práctica y estratégica, una propuesta completa de implantación de un FabLab en la ETSII UPM. Se han ido alcanzando todos los objetivos marcados:

- Se ha llevado a cabo un profundo análisis de cuatro FabLabs seleccionados por sus características representativas en cuanto a organización, orientación educativa y funcionamiento operativo, permitiendo identificar buenas prácticas aplicables al entorno de la ETSII.
- Se ha verificado la alineación de la propuesta con los principios establecidos por la Fab Foundation, de forma que los tres modelos desarrollados cumplen con los criterios de equipamiento mínimo, accesibilidad, filosofía abierta y conexión con la red global de FabLabs.
- Se han definido las necesidades técnicas y materiales mediante la creación de tres modelos escalables, permitiendo la adaptación del proyecto a distintos escenarios presupuestarios.
- Se han diseñado tres espacios diferentes, uno para cada modelo, siempre buscando tener cuatro zonas diferenciadas: de trabajo, de almacenamiento, de electrónica y de fabricación digital.
- Se ha propuesto un modelo de gestión donde son los alumnos los encargados del correcto funcionamiento, bajo la supervisión de la Dirección de la ETSII a través de un profesor designado como Director del FabLab.
- Se han identificado múltiples formas de integración dentro del día a día de la ETSII, como parte de actividades ya existentes y como nuevas actividades propuestas, tanto curriculares como extracurriculares.

Esta propuesta se ha ido refinando de manera progresiva, a medida que se disponía de más información. La interdependencia entre casi todos los aspectos que se han ido tratando, ha hecho necesaria el ajuste continuo de cada una de las partes. En particular, las visitas presenciales a dos FabLabs de Madrid, que se han hecho al final del proceso de realización de este proyecto, han servido como validación de las decisiones tomadas y han permitido introducir ajustes finales basados en la experiencia directa de FabLabs reales y funcionales.

Finalmente, este trabajo no solo cumple con los objetivos propuestos, sino que demuestra que la creación de un FabLab con las características propuestas en este proyecto en la ETSII es una práctica viable, alineada con tendencias educativas innovadoras, con gran potencial para enriquecer la formación del alumnado y fomentar una comunidad activa de aprendizaje, creación y experimentación tecnológica. Su implementación supondría un paso decisivo hacia un modelo educativo más conectado con el futuro profesional de la ingeniería.

9.2. LÍNEAS FUTURAS

Algunas ideas que se proponen como continuación del proyecto son las siguientes:

- Llevar a cabo un estudio y una evaluación de espacios reales de la ETSII donde implantar un FabLab, incluyendo relocalizaciones de espacios.
- Formar un grupo de organización estudiantil, a modo de equipo piloto, que comience a llevar a cabo las tareas del equipo responsable del FabLab.
- Desarrollar más modelos que avancen progresivamente desde el modelo B propuesto hasta el modelo C, incorporando mejoras graduales justificadas.
- Utilizar este proyecto como base para buscar apoyo institucional o financiación externa, para llevar a cabo la implementación real de un FabLab en la ETSII.

REFERENCIAS

- [1] Fab Foundation, «The Fab Charter,» [En línea]. Available: <http://fab.cba.mit.edu/about/charter/>.
- [2] El Mundo, «Mejores Universidades de España 2024,» [En línea]. Available: https://e00-el mundo.uecdn.es/em/includes/captacion/Ranking-Universidades_Espana-24_El-Mundo.pdf.
- [3] QS Top Universities, «QS World University Rankings by Subject 2025,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.topuniversities.com/university-subject-rankings/engineering-technology?search=upm>.
- [4] Fab Foundation, «Getting started with Fab Labs,» 2025. [En línea]. Available: <https://fabfoundation.org/getting-started/>.
- [5] Center for Bits and Atoms (MIT), «Welcome to FabCentral,» [En línea]. Available: <https://fab.cba.mit.edu>.
- [6] N. Gershenfeld, A. Gershenfeld y J. Cutcher-Gershenfeld, «Soon You'll Be Able to Make Anything. It'll Change Politics Forever,» *Politico Magazine*, April 2018.
- [7] Massachusetts Institute of Technology, «MAS.863 How To Make (Almost) Anything,» 2002. [En línea]. Available: <https://ocw.mit.edu/courses/mas-863-how-to-make-almost-everything-fall-2002/>.
- [8] cba.mit, «Instagram (@cba.mit),» 6 Septiembre 2023. [En línea]. Available: <https://www.instagram.com/p/Cw3XCQsrPSt/>.
- [9] FabLab ETSIDI, «Blog Fab Lab ETSIDI,» [En línea]. Available: <https://blogs.upm.es/fablabetsidi/>.
- [10] University of Westminster, «Fabrication Lab,» [En línea]. Available: <https://fabricationlab.london>.
- [11] CIEC, «CIEC Madrid,» [En línea]. Available: <https://ciecmadrid.es>.
- [12] Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (UPM), «Plan de estudios titulaciones industriales 2024,» 2024. [En línea]. Available: <https://podapp.industriales.upm.es/web/2024/titulaciones.php>.
- [13] A. Siegberts Rieker González, «Diseño, Fabricación y Control de un Robot Blando Neumático,» Madrid, 2023.
- [14] S. Merino Medranda, «Desarrollo de Bancada Didáctica para Caja de Cambios: Diseño, Fabricación y Montaje,» Madrid, 2024.

- [15] A. Delgado Lamothe, «Montaje y automatización de una planta de cerveza casera,» Madrid, 2019.
- [16] Asociación de Estudiantes Reset, «RESET,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.reset.etsii.upm.es/>.
- [17] Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (UPM), «Asociación Cultural de Estudiantes de Ingeniería Industrial KiloWatio,» [En línea]. Available: <https://www.industriales.upm.es/asociaciones/asociacion-cultural-de-estudiantes-de-ingenieria-industrial-kilowatio-aceii-kw/>.
- [18] UPM Racing, «¿Quiénes somos? - UPM Racing,» 2025. [En línea]. Available: <https://upm-racing.es/>.
- [19] Asociación de Antiguos Alumnos ETSII UPM, «Asociación de Antiguos Alumnos ETSII UPM,» 2025. [En línea]. Available: <https://alumnietsiim.com>.
- [20] Universidad Nebrija, «El FabLab Nebrija se incorpora a la red de laboratorios digitales creada por el MIT,» 21 junio 2018. [En línea]. Available: <https://www.nebrija.com/medios/actualidadnebrija/2018/06/21/el-fablab-nebrija-se-incorpora-la-red-de-laboratorios-digitales-creada-por-el-mit/>.
- [21] Universidad Politécnica de Madrid, «Catálogo General de Actividades Universitarias Acreditables en Titulaciones de Graduado/a por la Universidad Politécnica de Madrid,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.upm.es/estudiantes/ordenacionacademica/actividadesacreditablesstudiosgrado>.
- [22] Universitat Politècnica de València, «XtraChallenge 2025 Valencia,» 2025. [En línea]. Available: <https://xtra2upv.com/competiciones-xc/xtrachallenge25>.
- [23] Universidad Politécnica de Madrid, «Actúa UPM, Programa de Emprendimiento UPM,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.upm.es/investigacion/innovacion/creacionempresas>.
- [24] Asociación Industrial para el Impulso de la Economía del Dato y de la Inteligencia Artificial, «INDESIAhack,» 2025. [En línea]. Available: <https://indesiashack.org>.
- [25] EUDIS, «EUDIS DEFENCE HACKATHON 2025,» 2025. [En línea]. Available: <https://eudis-hackathon.eu>.
- [26] Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (UPM), «Concurso Escolar La Ingeniería en tus Manos,» 2024. [En línea]. Available: <https://laingenieriaentusmanos.com>.
- [27] Jooble, «Prácticas Ingeniero - salary,» 2025. [En línea]. Available: <https://es.jooble.org/salary/practicas-ingeniero#hourly>.

ANEXOS

I. SIGLAS Y ACRÓNIMOS

FabLab: Fabrication Laboratory

TFG: Trabajo de Fin de Grado

TFM: Trabajo de Fin de Máster

UPM: Universidad Politécnica de Madrid

ETSII: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales

RAEE: Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

CNC: Control Numérico Computarizado

CAD: Computer-Aided Design (Diseño asistido por ordenador)

FDM: Fused Deposition Model (Modelado por deposición fundida)

PCB: Printed Circuit Board (Placa de circuito impreso)

ABP: Aprendizaje Basado en Proyectos

STEAM: Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas)

ETSIDI: Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial

ETSIT: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicaciones

MIT: Massachusetts Institute of Technology

CBA: Center for Bits and Atoms

PEP: Prueba de Evaluación Progresiva

MDF: Medium Density Fibreboard (Tablero de fibra de densidad media)

PLA: Polilactic Acid (Ácido Poliláctico)

PETG: Polyethylene Terephthalate Glycol-Modified (Tereftalato de Polietileno Modificado con Glicol)

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

EDP: Estructura de Descomposición del Proyecto

CIEC: Centro de Innovación en Economía Circular

PTGAS: Personal Técnico de Gestión y de Administración y Servicios

II. VISITAS PRESENCIALES

Como se ha mencionado en el cuerpo del trabajo, se han realizado 3 visitas presenciales durante el desarrollo de este proyecto. A continuación, se va a explicar en qué consistieron dichas visitas y qué conclusiones se obtuvieron con ellas.

i. VISITA A LA ETSIT

El motivo de realizar esta visita fue conocer el espacio donde se sitúan las asociaciones y clubes de la ETSIT, así como su modelo de organización y manera de financiación.

Todos los clubes de esta Escuela están situados a lo largo de dos pasillos contiguos, de manera que se trata de una zona con gran ambiente universitario durante todo el día, a pesar de la disminución de intensidad sufrida a partir de la pandemia de 2020, según comentan los estudiantes de la ETSIT.

Un aspecto fundamental de estas asociaciones es la autogestión por el alumnado. Aunque hay profesores involucrados en algunas de las asociaciones, son los estudiantes miembros de cada club los que se encargan de la gestión del presupuesto, de la organización de actividades y del mantenimiento de su espacio. Las figuras de tesorero y de secretario o director se repiten en prácticamente todas estas asociaciones.

La financiación de cada club se obtiene a través de una cuota anual por cada socio y por la organización de ciertas actividades. Además, las asociaciones pueden obtener ayuda económica de la UPM, tras solicitarla de manera justificada. Comentan los miembros que es más sencillo y efectivo solicitar ayudas en forma de materiales o equipos que en forma de dinero como tal.

A modo de resumen, los puntos tratados en esa visita a tener en cuenta a la hora de crear un FabLab en la ETSII son:

- Autogestión por estudiantes, que incluya:
 - Una figura a la cabeza (secretario, director o similar).
 - Un tesorero.
- En caso de necesitar financiación de la UPM, solicitar materiales y no dinero.

ii. VISITA AL CIEC

El CIEC (Centro de Innovación en Economía Circular) es un espacio que pertenece al Ayuntamiento de Madrid, localizado en Vicálvaro. Se compone de una zona de oficina para startups, un espacio exterior destinado a la investigación enfocada en la naturaleza y en la inclusión, y un FabLab.

El FabLab del CIEC tiene, actualmente, una labor fundamentalmente formativa. En él se organizan charlas, talleres y formaciones gratuitas durante toda la semana y los lunes es el único día que se abre para personas que quieran desarrollar sus proyectos

sostenibles, sin coste. Para poder hacer uso del FabLab, el proyecto que se quiera llevar a cabo ahí debe ser aprobado por el CIEC y los materiales que se quieran emplear deben ser aportados por el usuario.

Hay un técnico especializado presente durante las horas de apertura del FabLab que garantiza un buen uso de la maquinaria, y es el que imparte muchas de las formaciones agendadas.

Como dato adicional, hay que mencionar el especial interés que presenta este FabLab en técnicas relacionadas con textiles, y el esfuerzo que ha hecho en la compra de varias máquinas de coser diferentes. Además, al ser un centro de economía circular, cuenta con una máquina de reciclaje de plásticos.

A continuación, se pueden observar algunas imágenes del espacio del FabLab, tomadas durante la visita.



Figura 63. Sala de CNC y láser del FabLab del CIEC. Fuente: elaboración propia.

Al no tratarse de un FabLab universitario, es complicado encontrar aspectos comunes de funcionamiento comunes con el FabLab que se crearía en la ETSII. Además, en el FabLab propuesto en este proyecto, tiene gran peso la parte electrónica del laboratorio, mientras que en el CIEC este campo es muy limitado. Aun así, el hincapié que hace el CIEC en las actividades formativas sí puede extrapolarse a un FabLab universitario implantado en la ETSII.

iii. VISITA A LA ETSIDI

El FabLab de la ETSIDI está descrito detalladamente en el APARTADO 4.2 del cuerpo del TFG.

El objetivo de esta visita era conocer el espacio físico del FabLab de la ETSIDI de manera presencial y obtener información acerca de su implementación en el plan de estudios de esa Escuela y de su gestión.

Actualmente, este espacio funciona como un servicio más de la universidad al que puede acceder, a través del pago de tarifas por el uso de las máquinas, que son más bajas para estudiantes de la ETSIDI que para usuarios externos a dicha escuela. Entre los usos más habituales que se le dan a este FabLab, se encuentran:

- Cortes e impresión de partes de maquetas para asignaturas, por parte de los estudiantes de la ETSIDI.
- Muchos estudiantes de Arquitectura de la UPM acuden para cortar elementos de sus maquetas.
- Fabricación de merchandising para la universidad, por encargo de la propia UPM.
- Fabricación de trofeos de concursos de la UPM o de la Escuela.

El FabLab de la ETSIDI trata de evitar que los productos que se confeccionen en él no tengan ningún objetivo de obtener un beneficio económico, en línea con los estándares de la Fab Foundation.

La gestión de esta iniciativa ha pasado por varias etapas. Al principio, estaba gobernado por una asociación de profesores y eran alumnos becados los que estaban en el día a día del FabLab, de cara al público. Ahora ya no es una asociación, sino que el FabLab forma parte de la escuela, por lo que la figura de mayor es el director de la ETSIDI. Los alumnos que se encargan de dar soporte diario a los usuarios del laboratorio lo hacen en calidad de alumnos en prácticas y sigue habiendo profesores implicados, para desempeñar tareas administrar la caja del FabLab o ser tutor de prácticas de los alumnos. También hay dos PTE presentes en el FabLab durante algunas horas del día, que realmente forman parte de otros laboratorios de la ETSIDI, encargados de proporcionar esa formación básica a los estudiantes en prácticas en el FabLab, sobre todo en el momento de su incorporación.

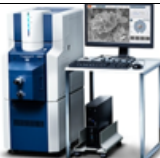
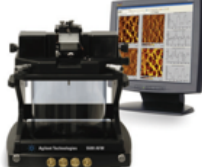
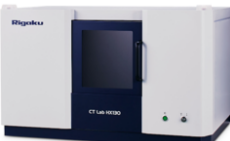
Es importante señalar que este FabLab no ha sido financiado por la UPM ni por la ETSIDI, sino que desde sus inicios – incluyendo la adquisición de la maquinaria – son autosuficientes económicamente por medio de patrocinios y por sus ingresos. Además de las tarifas de uso de los equipos, organizan concursos internos colaborando con patrocinadores y formaciones, en ocasiones impartidas por personal de las empresas de las máquinas del FabLab.

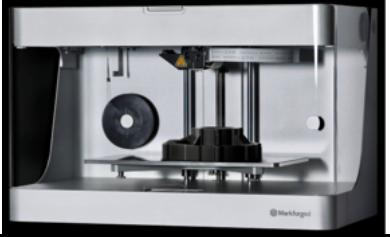
Las ideas obtenidas durante esta visita, de aplicación a la implementación de un FabLab en la ETSII son las siguientes:

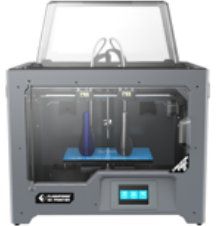
- Es importante conseguir patrocinadores que apuesten por el proyecto del FabLab.
- Las personas que estarán de cara al público del FabLab deben ser alumnos.
- Puede ser muy útil la colaboración de algunos técnicos especializados que ya estén trabajando en la Escuela.
- Para diferenciar el FabLab de la ETSII con otros de la UPM habrá que hacer énfasis especial en:
 - La parte electrónica (trabajo con Arduino, Protoboards, circuitos, etc.).
 - Un espíritu innovador.

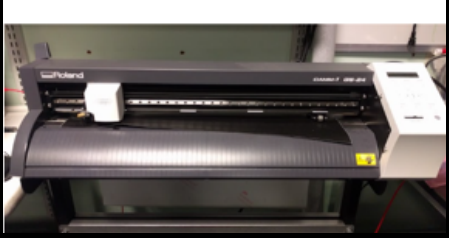
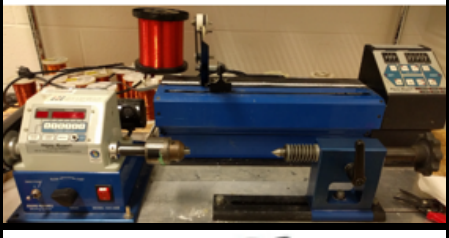
III. EQUIPOS DEL FABLAB DEL MIT

NANO (escala mm)
MICRO (escala μm)
MESO (escala mm)
MACRO (escala m)
Instrumentación
Bio
Comunicación y computación

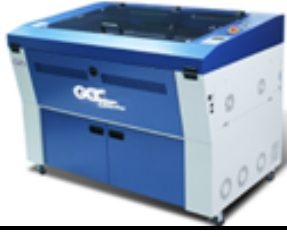
Equipo	Modelo	Imagen
Microscopio electrónico	FlexSEM 1000	
Microscopio de sonda	Keysight 5500 SPM	
Sistema de recubrimiento por pulverización catódica	EMS 150TES Sputter Coater	
Máquina de unión de alambre	HBO5 Wire Bonder	
Láser de micromaquinado	Pharos Femto-second Laser	
Láser de micromaquinado	Oxford Solid State Micromachining Laser	
Sistema de tomografía	Rigaku CT Lab HX130	

Microscopio confocal	LSM 500 Confocal Microscope	
Cortadora láser	xTool F1 Ultra	
Impresora 3D de metal	Desktop Metal Shop System	
Impresora 3D de metal	Desktop Metal Studio System	
Impresora 3D	Stratasys J55	
Impresora 3D	Formlabs Fuse 1+ 30W	
Impresora 3D de escritorio	Formlabs Form 3	
Impresora 3D	Markforged Mark Two	

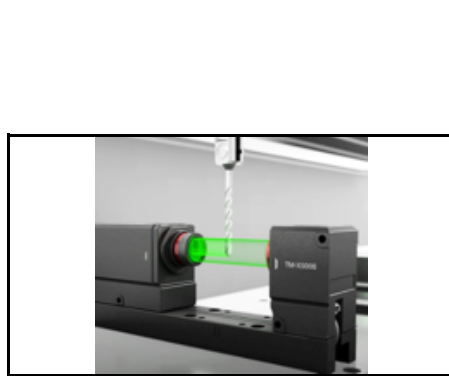
Impresora 3D	Prusa XL	
Impresora 3D	Prusa i3 MK3 print farm	
Impresora 3D de doble extrusora	Flashforge Creator Pro 2	
Máquina de electroerosión por hilo	Sodick SL400G Wire EDM	
Fresadora CNC	Roland Benchtop 4 Axis CNC Mill	
Fresadora de sobremesa	Roland Modela MDX40a	
Fresadora CNC de sobremesa	Roland SRM-20	

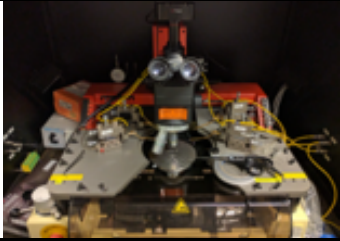
Fresadora CNC de sobremesa	Roland Modela MDX20 CNC Mill	
Plotter de vinilo	Roland GS-24 Vinyl Cutter	
Microscopio estereoscópico	Lynx Evo Projection Microscope	
Máquina de coser	Brother SE1800 Sewing and Embroidery Machine	
Cortadora de precisión	Buehler IsoMet 1000 Diamond Wafering Saw	
Bobinadora de precisión	Adams Maxwell Coil Winder	
Cortadora de precisión / pullidora	Orion PA 230	

Máquina de montaje	Mechatronika M10V Pick and Place Machine	
Centro de mecanizado CNC	Hurco VMX42SRTi 5 Axis Machining Center	
Mesa de corte CNC	Zund G-3 L-2500	
Cortadora Waterjet	Omax 5555 Waterjet Cutter	
Fresadora CNC de sobremesa	Desktop ShopBot	
Fresadora CNC	Shopbot PRS Alpha	
Fresadora CNC manejada a mano	Shaper Origin	

Fresadora vertical CNC	Vertical Milling Machine NC X Y Z axis	
Fresadora CNC de precisión	Bridgeport Series 1 Trak AGE CNC Mill	
Cortadora láser para metal	3D Fablight	
Cortadora láser	Trotec Speedy 400 Laser Cutter	
Cortadora láser	Trotec Speedy 100 Flexx Laser Cutter	
Cortadora láser	Epilog Laser Cutter	
Cortadora láser	GCC Spirit GLS	

Torno CNC	Harrison Alpha 330S Lathe	
Brazo robótico colaborativo	Universal UR10 Collaborative Robot Arms	
Cizalla hidráulica	Famco Hydraulic Shear	
Plegadora manual de precisión	Finger Brake BPO.412-6	
Máquina de vacío	Vacuum Former FM660	
Sierra fría	Cold Saw VS 350 LT	
Sierra de cinta horizontal	Jet Horizontal Band Saw	

Escáner 3D	Artec Leo	
Escáner 3D	Creality CR-Scan Ferret Pro 3D Scanner	
Brazo digitalizador 3D	Immersion 3DLX Microscribe 3D	
Cámara de vídeo de alta velocidad	Krontech Chronos 1.4 High Speed Video Camera	
Sensor de desplazamiento láser	Micro-Epsilon NCDT2300-10 Laser Displacement Sensor	
Sistema de medición	Keyence TM-X5000 Telecentric Measurement System	
Máquina de ensayos mecánicos	Instron 5985	

Máquina de ensayos de compresión / tracción	Instron 4411	
Estación de sondeo para semiconductores	Karl Suss PA-200 Probe Station	
Osciloscopio digital de alta velocidad	10 Gs/s oscilloscope 7300A	
Analizador de redes	HP 8720C Network Analyzer	
Secador de punto crítico	Tousimis SAMDRI795 Critical Point Dryer	
Cabina de bioseguridad	Baker SterilGARD e3 Biosafety Cabinet	
Incubadora de CO2	Shel Lab SCO5A CO2 Incubator	

Sistema de purificación de agua	Milli-Q Direct 8 Water Purification System	
Termociclador PCR	Applied Biosystems Proflex PCR	
Espectofotómetro	Implen NP80 Spectrophotometer	
Lector de placas de microtitulación	BioTek Synergy2 Plate Reader	
Centrífuga de sobremesa	Beckman Coulter Allegra X15R Centrifuge	
Centrífuga de alta capacidad	Beckman Coulter Avanti JE Centrifuge	
Incubadora de agitación	Infors HT Multitron Standard Incubator	

Sistema de documentación de geles	Thermo Fisher Scientific E-gel Imager	
Medidor de pH	METTLER TOLEDO SevenMulti S40 pH Meter	
Unidad de control multipunto	8000 chassis, 8050 supervisor, two 8510 and one 8710 MCUs	
GPU Server	GPX XT24-2460V3-8GPU	

Tabla 23. Equipos del FabLab del MIT. Fuente: [5].

IV. PLAN DE ESTUDIOS DE LA ETSII

ÍNDICE DE COLORES

 Asignaturas optativas / Asignaturas de competencias / Configuración curricular

 TFG / TFM

 Asignaturas Grupo A

 Asignaturas Grupo B

 Asignaturas Grupo C

 Asignatura INGENIA

i. GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	CÁLCULO I	6	1
	ÁLGEBRA	6	1
	FÍSICA GENERAL I	6	1
	QUÍMICA I	6	1
	DIBUJO INDUSTRIAL I	6	1
	FÍSICA GENERAL II	6	2
	FUNDAMENTOS DE PROGRAMACIÓN	6	2
	CÁLCULO II	6	2
	QUÍMICA II	6	2
	DIBUJO INDUSTRIAL II	6	2
SEGUNDO CURSO	ECUACIONES DIFERENCIALES	6	1
	ESTADÍSTICA	6	1
	TERMODINÁMICA I	4,5	1
	ELECTROTECNIA	4,5	1
	MECÁNICA	6	1
	INGENIERÍA DEL MEDIO AMBIENTE	3	1
	AMPLIACIÓN DE CÁLCULO	3	2
	DISEÑO DE EXPERIMENTOS Y MODELOS DE REGRESIÓN	3	2
	TERMODINÁMICA II	4,5	2
	MÁQUINAS ELÉCTRICAS	4,5	2
	ELECTROMAGNETISMO	6	2
	LA EMPRESA Y SU ENTORNO	6	2

	DINÁMICA DE SISTEMAS	3	2
TERCER CURSO	MECÁNICA DE FLUIDOS I	4,5	1
	FUNDAMENTOS DE AUTOMÁTICA	3	1
	RESISTENCIA DE MATERIALES	4,5	1
	ORGANIZACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS	4,5	1
	CIENCIA DE MATERIALES I	4,5	
	TRANSFERENCIA DE CALOR	4,5	1
	FUNDAMENTOS DE ELECTRÓNICA	4,5	1
	MECÁNICA DE FLUIDOS II	3	2
	TEORÍA DE MÁQUINAS Y MECANISMOS	4,5	2
	AMPLIACIÓN DE RESISTENCIA DE MATERIALES	3	2
	FABRICACIÓN	4,5	2
	CIENCIA DE MATERIALES II	4,5	2
	ASIGNATURAS DE LA ESPECIALIDAD	10,5	2
CUARTO CURSO	PROYECTOS	4,5	1
	TECNOLOGÍA DE MATERIALES	4,5	1
	ASIGNATURAS DE LA ESPECIALIDAD	30	1, 2
	TFG	12	1, 2
	ENGLISH FOR PROFESSIONAL AND ACADEMIC COMMUNICATION	6	2
	COMPETENCIAS	3	1, 2

ESPECIALIDAD EN AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA

	Asignatura	Créditos	Periodo
TERCER CURSO	MATEMÁTICAS DE LA ESPECIALIDAD AUTOMÁTICA	4,5	2
	ELECTRÓNICA		
	PROGRAMACIÓN DE SISTEMAS	6	2
CUARTO CURSO	ELECTRÓNICA ANALÓGICA	4,5	1
	ELECTRÓNICA DIGITAL	3	1
	ROBÓTICA	6	1
	ELECTROTECNIA II	4,5	1
	ELECTRÓNICA DE POTENCIA	4,5	2
	SISTEMAS MICROPROCESADORES	3	2
	CONTROL CON COMPUTADOR	4,5	2

ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

	Asignatura	Créditos	Periodo
TERCER CURSO	MATEMÁTICAS DE LA ESPECIALIDAD INGENIERÍA ELÉCTRICA	4,5	2
	MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	6	2
	ELECTRÓNICA INDUSTRIAL	3	1

CUARTO CURSO	INSTALACIONES ELÉCTRICAS I	3	1
	MEDIDAS ELÉCTRICAS Y PROTECCIONES	4,5	1
	ELECTROTECNIA II	4,5	1
	CONTROL DE SISTEMAS MULTIVARIABLES	3	2
	CONTROL DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS	6	2
	SISTEMAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA I	6	2

ESPECIALIDAD EN SISTEMAS Y ESTRUCTURAS INTELIGENTES

	Asignatura	Créditos	Periodo
TERCER CURSO	MATEMÁTICAS DE LA ESPECIALIDAD SISTEMAS Y ESTRUCTURAS INTELIGENTES	4,5	2
	ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE ESTRUCTURAS	6	2
CUARTO CURSO	DINÁMICA ESTRUCTURAL	6	1
	SENSORIZACIÓN Y MONITORIZACIÓN DE SISTEMAS	4,5	1
	MECÁNICA DE SÓLIDOS Y MATERIALES	4,5	1
	EVALUACIÓN, FIABILIDAD Y PROGNOSIS DE SISTEMAS	4,5	2
	ANÁLISIS Y SIMULACIÓN AVANZADA DE ESTRUCTURAS	4,5	2
	INTEGRACIÓN DE SISTEMAS MEDIANTE HERRAMIENTAS DIGITALES	6	2

ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA MECÁNICA

	Asignatura	Créditos	Periodo
TERCER CURSO	MATEMÁTICAS DE LA ESPECIALIDAD INGENIERÍA MECÁNICA	4,5	2
	AUTOMATIZACIÓN DE LA FABRICACIÓN Y ROBÓTICA	6	2
CUARTO CURSO	TEORÍA DE VEHÍCULOS	4,5	1
	DISEÑO DE MÁQUINAS	6	1
	SIMULACIÓN DE SISTEMAS MECÁNICOS	4,5	1
	MOTORES TÉRMICOS	4,5	2
	ESTRUCTURAS	4,5	2
	ASIGNATURA DE ITINERARIO	6	2

ESPECIALIDAD EN MATERIALES

	Asignatura	Créditos	Periodo
TERCER CURSO	MATEMÁTICAS DE LA ESPECIALIDAD MATERIALES	4,5	2
	METALURGIA FÍSICA	6	2
CUARTO CURSO	MATERIALES POLIMÉRICOS Y COMPUESTOS	4,5	1
	ALEACIONES INDUSTRIALES Y ESTRATÉGICAS	4,5	1
	ANÁLISIS INSTRUMENTAL	3	1
	BIOMATERIALES	3	1
	ALEACIONES FÉRREAS	4,5	2

	TECNOLOGÍA LÁSER Y TÉCNICAS AVANZADAS DE PROCESADO	3	2
	DISEÑO Y SELECCIÓN DE MATERIALES	4,5	2
	CERÁMICAS Y VIDRIOS	3	2

ESPECIALIDAD EN ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

	Asignatura	Créditos	Periodo
TERCER CURSO	MATEMÁTICAS DE LA ESPECIALIDAD ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL	4,5	2
	MÉTODOS CUANTITATIVOS DE INGENIERÍA DE ORGANIZACIÓN I	6	2
CUARTO CURSO	ANÁLISIS DE DATOS	3	1
	INTRODUCCIÓN AL MARKETING	3	1
	ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	6	1
	ANÁLISIS DE COSTES	3	1
	MÉTODOS CUANTITATIVOS DE INGENIERÍA DE ORGANIZACIÓN II	3	2
	TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES	3	2
	INVESTIGACIÓN DE MERCADOS	3	2
	CREACIÓN DE EMPRESAS	3	2
	GESTIÓN DE LA CALIDAD, LA PREVENCIÓN Y LA SOSTENIBILIDAD	3	2

ESPECIALIDAD EN QUÍMICA INDUSTRIAL Y MEDIO AMBIENTE

	Asignatura	Créditos	Periodo
TERCER CURSO	MATEMÁTICAS DE LA ESPECIALIDAD QUÍMICA Y MEDIO AMBIENTE	4,5	2
	OPTATIVA DE LA ESPECIALIDAD	6	2
CUARTO CURSO	EXPERIMENTACIÓN EN INGENIERÍA QUÍMICA I	3	1
	OPERACIONES DE SEPARACIÓN I	6	1
	REACTORES QUÍMICOS	6	1
	PRINCIPIOS DE PROCESOS QUÍMICOS	3	1
	EXPERIMENTACIÓN EN INGENIERÍA QUÍMICA II	6	2
	OPERACIONES DE SEPARACIÓN II	6	2

ESPECIALIDAD EN TÉCNICAS ENERGÉTICAS

	Asignatura	Créditos	Periodo
TERCER CURSO	MATEMÁTICAS DE LA ESPECIALIDAD TÉCNICAS ENERGÉTICAS	4,5	2
	ESTRUCTURA DE LA MATERIA	6	2
CUARTO CURSO	CALOR Y FRÍO INDUSTRIAL	4,5	1
	TERMODINÁMICA TÉRMICA	4,5	1

	TECNOLOGÍA NUCLEAR	6	1
	GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA	4,5	2
	CENTRALES NUCLEARES	4,5	2
	TURBOMÁQUINAS TÉRMICAS	3	2
	MOTORES VOLUMÉTRICOS	3	2

ESPECIALIDAD EN MATEMÁTICA INDUSTRIAL

	Asignatura	Créditos	Periodo
TERCER CURSO	MATEMÁTICAS DE LA ESPECIALIDAD MATEMÁTICA INDUSTRIAL	4,5	2
	ECUACIONES EN DERIVADAS PARCIALES Y ANÁLISIS DE FOURIER	6	2
CUARTO CURSO	EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS EN INGENIERÍA	4,5	1
	OPTIMIZACIÓN Y SIMULACIÓN EN INGENIERÍA	4,5	1
	ANÁLISIS DE DATOS	4,5	1
	MECÁNICA DE LOS MEDIOS COTINUOS	4,5	1
	OPTATIVA DE LA ESPECIALIDAD	12	2

ii. GRADO EN INGENIERÍA DE LA ORGANIZACIÓN

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	MATEMÁTICAS I	6	1
	MATEMÁTICAS II	6	1
	FÍSICA I	6	1
	QUÍMICA	6	1
	FUNDAMENTOS DE PROGRAMACIÓN	6	1
	FÍSICA II	6	2
	MATEMÁTICAS III	6	2
	DIBUJO INDUSTRIAL	6	2
	LA EMPRESA Y SU ENTORO	6	2
	PROGRAMACIÓN DE SISTEMAS	3	2
	COMPETENCIAS	3	1, 2
SEGUNDO CURSO	ORGANIZACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS	4,5	1
	ESTADÍSTICA	6	1
	TERMODINÁMICA	4,5	1
	ELECTROTECNIA	4,5	1
	TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN	3	1
	MARCO LEGAL DE LA EMPRESA	3	1
	RESISTENCIA DE MATERIALES	4,5	1
	ANÁLISIS DE COSTES Y CONTABILIDAD	3	2
	DISEÑO DE EXPERIMENTOS Y REGRESIÓN	3	2

	MECÁNICA DE FLUIDOS	4,5	2
	FUNDAMENTOS DE ELECTRÓNICA	4,5	2
	MÉTODOS DE AYUDA A LA DECISIÓN I	6	2
	CIENCIA DE LOS MATERIALES	4,5	2
	TRANSFERENCIA DE CALOR	4,5	2
TERCER CURSO	MÁQUINAS ELÉCTRICAS	4,5	1
	ECONOMÍA	6	1
	MÉTODOS DE AYUDA A LA DECISIÓN II	6	
	ENGLISH FOR PROFESSIONAL AND ACADEMIC COMMUNICATION	6	1
	INGENIERÍA DEL MEDIO AMBIENTE	3	1
	FUNDAMENTOS DE AUTOMÁTICA	4,5	1
	TECNOLOGÍAS DE LAS COMUNICACIONES	3	2
	ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO Y GESTIÓN DE LOS RRHH	3	2
	ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	6	2
	ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO	4,5	2
	INVESTIGACIÓN DE MERCADOS Y MARKETING	4,5	2
	TEORÍA DE MÁQUINAS	4,5	2
	FABRICACIÓN	4,5	2
CUARTO CURSO	SISTEMAS ELÉCTRICOS	4,5	1
	TÉCNICAS AVANZADAS DE ESTADÍSTICA	6	1
	LOGÍSTICA	6	1
	ESTRATEGIA EMPRESARIAL	3	1
	PROYECTOS	4,5	1
	TECNOLOGÍA QUÍMICA	3	2
	CONCEPTOS Y ASPECTOS LEGALES DE LA INNOVACIÓN	4,5	2
	FINANZAS	4,5	2
	CREACIÓN DE EMPRESAS	3	2
	COMPETENCIAS	9	1,2
	TFG	12	1,2

iii. GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	CÁLCULO I	6	1
	ÁLGEBRA	6	1
	FÍSICA GENERAL I	6	1
	QUÍMICA I	6	1
	FUNDAMENTOS DE PROGRAMACIÓN	6	1
	FÍSICA GENERAL II	6	2
	DIBUJO INDUSTRIAL I	6	2

	CÁLCULO II	6	2
	QUÍMICA II	6	2
	EXPERIMENTACIÓN EN QUÍMICA	6	2
SEGUNDO CURSO	ECUACIONES DIFERENCIALES	6	1
	ESTADÍSTICA	6	1
	TERMODINÁMICA I	4,5	1
	ELECTROTECNIA	4,5	1
	RESISTENCIADE MATERIALES	4,5	1
	CIENCIA DE MATERIALES I	4,5	1
	QUÍMICA ANALÍTICA	6	2
	QUÍMICA ORGÁNICA	3	2
	MECÁNICA DE FLUIDOS I	4,5	2
	MÁQUINAS ELÉCTRICAS	4,5	2
	DINÁMICA DE SISTEMAS	3	2
	LA EMPRESA Y SU ENTORNO	6	2
	DINÁMICA DE SISTEMAS	3	2
TERCER CURSO	PRINCIPIOS DE PROCESOS QUÍMICOS	3	1
	FUNDAMENTOS DE AUTOMÁTICA	3	1
	REACTORES QUÍMICOS	6	1
	EXPERMIENTACIÓN EN INGENIERÍA QUÍMICA	3	1
	OPERACIONES DE SEPARACIÓN	6	
	QUÍMICA INORGÁNICA	3	1
	QUÍMICA FÍSICA	6	1
	FUNDAMENTOS DE ELECTRÓNICA	4,5	2
	TEORÍA DE MÁQUINAS Y MECANISMOS	4,5	2
	FABRICACIÓN	4,5	2
	EXPERIMENTACION EN INGENIERÍA QUÍMICA II	6	2
	OPERACIONES DE SEPARACIÓN II	6	2
	TRANSFERENCIA DE CALOR	4,5	2
CUARTO CURSO	EXPERMIENTACIÓN EN INGENIERÍA QUÍMICA III	3	1
	INGENIERÍA DE PROCESOS Y PRODUCTOS	4,5	1
	CONTROL DE PROCESOS	6	1
	QUÍMICA INDUSTRIAL	4,5	1
	ENGLISH FOR PROFFESIONAL AND ACADEMIC COMMUNICATION	6	2
	INGENIERÍA DEL MEDIO AMBIENTE	3	2
	ORGANIZACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS	4,5	2
	PROYECTOS	4,5	2
	COMPETENCIAS	12	1, 2
	TFG	12	1, 2

iv. GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA (especialidad en Tecnologías Energéticas)

	Asignatura	Créditos	Periodo
TERCER CURSO	CALOR Y FRÍO INDUSTRIAL	4,5	1
	INGENIERÍA DE FLUIDOS	4,5	1
	INGENIERÍA DEL MEDIO AMBIENTE	3	1
	MÁQUINAS ELÉCTRICAS	4,5	1
	PROTECCIÓN RADIOLÓGICA	3	1
	TECNOLOGÍA ENERGÉTICA	4,5	1
	TECNOLOGÍA NUCLEAR	6	1
	CENTRALES NUCLEARES	4,5	2
	CENTRALES TÉRMICAS	4,5	2
	MÁQUINAS E INSTALACIONES HIDRÁULICAS	4,5	2
	MÁQUINAS Y MOTORES VOLUMÉTRICOS	3	2
	TECNOLOGÍA DE LAS TURBOMÁQUINAS	3	2
	TERMODINÁMICA TÉRMICA	4,5	2
	OPTATIVAS	6	2
CUARTO CURSO	FUNDAMENTOS EN AUTOMÁTICA	4,5	1
	GENERACIÓN ELÉCTRICA CONVENCIONAL Y CON ENERGÍAS RENOVABLES I	6	1
	TÉCNICAS DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES	4,5	1
	OPTATIVAS	3	1
	INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA APLICADA	4,5	2
	GENERACIÓN ELÉCTRICA CONVENCIONAL Y CON ENERGÍAS RENOVABLES II	3	2
	PROYECTOS	4,5	2
	ENGLISH FOR PROFESSIONAL AND ACADEMIC COMMUNICATION	6	2
	COMPETENCIAS	12	1, 2
	TFG	12	1, 2

v. MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	DIRECCIÓN FINANCIERA	3	1
	RECURSOS HUMANOS Y ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO	3	1
	COMPLEJOS INDUSTRIALES	3	1
	SISTEMAS INTEGRADOS DE FABRICACIÓN	3	1
	FUENTES DE ENERGÍA	3	1

	INGENIA	12	1, 2
	DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTOS	3	2
	INGENIERÍA DEL TRANSPORTE	3	2
	SEGURIDAD Y CALIDAD INDUSTRIAL	3	2
	PROCESOS QUÍMICOS	3	2
	MÁQUINAS HIDRÁULICAS Y EÓLICAS	3	2
	ASIGNATURAS DE LA ESPECIALIDAD	18	1, 2
SEGUNDO CURSO	CÁLCULO DE MÁQUINAS	3	1
	DISEÑO DE INSTALACIONES	3	1
	INGENIERÍA TÉRMICA	3	2
	DIRECCIÓN ESTRATÉGICA Y DE LA INNOVACIÓN	3	2
	CONFIGURACIÓN CURRICULAR	18	1, 2
	ASIGNATURAS DE LA ESPECIALIDAD / ITINERARIO	18	1, 2
	TFM	12	1, 2

ESPECIALIDAD EN AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS	3	1
	CÁLCULO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS	3	1
	SISTEMAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN	3	1
	TECNOLOGÍA ELÉCTRICA	3	2
	REDES DE SUMINISTRO	3	1, 2
	DISEÑO AVANZADO DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS	3	
SEGUNDO CURSO: AUTOM	COMUNICACIONES	3	1
	MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS	3	1
	INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA	3	1
	INGENIERÍA DE SOFTWARE	3	1
	SISTEMAS NO LINEALES	3	1
	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADOS	3	2
SEGUNDO CURSO: ELECTR	COMUNICACIONES	3	1
	MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS	3	1
	INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA	3	1
	MICROELECTRÓNICA	3	1
	APLICACIONES INDUSTRIALES DE LA ELECTRÓNICA DE POTENCIA	3	1
	ARQUITECTURA DE SISTEMAS DIGITALES	3	2
	PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑAL	3	2

ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

	Asignatura	Créditos	Periodo
	MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS	3	1

PRIMER CURSO	CÁLCULO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS	3	1
	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL	3	1
	TECNOLOGÍA Y DISEÑO DE REDES ELÉCTRICAS	3	2
	REDES DE SUMINISTRO	3	2
	DISEÑO DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS	3	2
CUARTO CURSO	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	6	1
	SISTEMAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA	6	1
	GENERACIÓN ELÉCTRICA CONVENCIONAL Y CON ENERGÍAS RENOVABLES	6	1

ESPECIALIDAD EN SISTEMAS Y ESTRUCTURAS INTELIGENTES

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS	3	1
	MÉTODOS EXPERIMENTALES APLICADOS AL DISEÑO ESTRUCTURAL	3	1
	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL	3	1
	TECNOLOGÍA ELÉCTRICA	3	2
	REDES DE SUMINISTRO	3	2
	DISEÑO DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS	3	2
SEGUNDO CURSO	CONTROL Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES INTELIGENTES	4,5	1
	DEFINICIÓN DE SISTEMAS SOSTENIBLES CON METODOLOGÍA BIM	4,5	1
	DETERMINACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LAS PRESTACIONES ESTRUCTURALES	4,5	2
	MÉTODOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADOS A LA INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS	4,5	1

ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA MECÁNICA

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS II	3	1
	MÉTODOS EXPERIMENTALES APLICADOS AL DISEÑO ESTRUCTURAL	3	1
	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL	3	1
	TECNOLOGÍA ELÉCTRICA	3	2
	REDES DE SUMINISTRO	3	2
	DISEÑO DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS	3	2
SEGUNDO CURSO: MÁQ	INGENIERÍA ACÚSTICA	3	1
	VIBRACIONES	4,5	1
	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS	3	1
	MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	3	1
	ELASTICIDAD, PLASTICIDAD Y ROTURA	4,5	2
	AUTOMÓVILES	4,5	1

SEGUNDO CURSO: TRANSP	MANUTENCIÓN Y TRANSPORTE	3	1
	INSTALACIONES Y EQUIPOS FERROVIARIOS	3	1
	VEHÍCULOS HÍBRIDOS, ELÉCTRICOS Y PILA DE COMBUSTIBLE	3	1
	ELASTICIDAD, PLASTICIDAD Y ROTURA	4,5	2
SEGUNDO CURSO: MÁQ	INGENIERÍA ACÚSTICA	3	1
	MECATRÓNICA	4,5	1
	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS	3	1
	FABRICACIÓN ADITIVA	3	1
	ELASTICIDAD, PLASTICIDAD Y ROTURA	4,5	2

ESPECIALIDAD EN MATERIALES

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS	3	1
	CÁLCULO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS	3	1
	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL	3	1
	TECNOLOGÍA ELÉCTRICA	3	2
	REDES DE SUMINISTRO	3	2
	DISEÑO DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS	3	2
SEGUNDO CURSO	SIDERURGIA	4,5	1
	COMPORTAMIENTO EN SERVICIO	3	1
	BIOINGENIERÍA	3	2
	TÉCNICAS DE UNIÓN, CARACTERIZACIÓN Y ENSAYO	4,5	2
	MATERIALES EMERGENTES Y NANOMATERIALES	3	2

ESPECIALIDAD EN ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS	3	1
	CÁLCULO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS	3	1
	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL	3	1
	TECNOLOGÍA ELÉCTRICA	3	2
	REDES DE SUMINISTRO	3	2
	DISEÑO DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS	3	2
SEGUNDO CURSO	ECONOMÍA	6	1
	LOGÍSTICA INDUSTRIAL	4,5	2
	SISTEMAS DE INFORMACIÓN	4,5	2
	INTRODUCCIÓN A LOS MERCADOS FERROVIARIOS	3	2

ESPECIALIDAD EN QUÍMICA INDUSTRIAL Y MEDIO AMBIENTE

	Asignatura	Créditos	Periodo
	MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS II	3	1

PRIMER CURSO	CÁLCULO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS	3	1
	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL	3	1
	TECNOLOGÍA Y DISEÑO DE REDES ELÉCTRICAS	3	2
	REDES DE SUMINISTRO	3	2
	DISEÑO DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS	3	2
SEGUNDO CURSO	CATÁLISIS Y REACTORES HETEROGÉNEOS	4,5	1
	OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS	4,5	1
	PROYECTO EN DISEÑO DE PROCESOS I	3	1
	OPERACIONES CON SÓLIDOS	3	2
	PROYECTO EN DISEÑO DE PROCESOS II	3	2

ESPECIALIDAD EN TÉCNICAS ENERGÉTICAS

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS II	3	1
	CÁLCULO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS	3	1
	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL	3	1
	TECNOLOGÍA Y DISEÑO DE REDES ELÉCTRICAS	3	2
	REDES DE SUMINISTRO	3	2
	DISEÑO DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS	3	2
SEGUNDO CURSO	PROTECCIÓN RADIOLÓGICA	3	1
	INGENIERÍA DE FLUIDOS	4,5	1
	TECNOLOGÍA DE RADIACIONES	3	1
	SEGURIDAD NUCLEAR	3	1
	CENTRALES TÉRMICAS	4,5	2
	CENTRALES ELÉCTRICAS	3	2

ESPECIALIDAD EN MATEMÁTICA INDUSTRIAL

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS	3	1
	CÁLCULO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS	3	1
	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL	3	1
	TECNOLOGÍA ELÉCTRICA	3	2
	REDES DE SUMINISTRO	3	2
	DISEÑO DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS	3	2
CUARTO CURSO	MODELOS MATEMÁTICOS EN DINÁMICA NO LINEAL	6	1
	MACHINE LEARNING EN LA INGENIERÍA INDUSTRIAL	4,5	1
	PROCESADO DE SEÑALES EN LA INGENIERÍA	3	1
	TÉCNICAS NUMÉRICAS AVANZADAS EN LA INGENIERÍA	4,5	2

vi. MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA QUÍMICA

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	CATÁLISIS Y REACTORES HETEROGÉNEOS	4,5	1
	MÁQUINAS HIDRÁULICAS Y MOTORES TÉRMICOS	4,5	1
	OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS QUÍMICOS	4,5	1
	PROCESS DESIGN PROJECT I	3	1
	INGENIERÍA ELECTROQUÍMICA	3	1
	BIOTECNOLOGÍA	4,5	1
	INGENIERÍA TÉRMICA	3	2
	SEGURIDAD DE PROCESOS	4,5	2
	PROCESOS DE POLIMERIZACIÓN	3	2
	PROCESS DESIGN PROJECT II	3	2
	OPERACIONES CON SÓLIDOS	3	2
	CONTROL AVANZADO DE PROCESOS	3	2
	DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTOS	3	2
	RECURSOS HUMANOS Y ORGANIZACIÓN TRABAJO	3	2
	GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN	3	2
SEGUNDO CURSO	FUENTES DE ENERGÍA	3	1
	DIRECCIÓN ESTRATÉGICA Y DE LA INNOVACIÓN	3	1
	REDES DE SUMINISTRO	3	1
	ADIGNATURAS DE LA ESPECIALIDAD	18	1
	DIRECCIÓN FINANCIERA	3	1
	CONFIGURACIÓN CURRICULAR	18	1, 2
	TFM	12	1, 2

ESPECIALIDAD EN GESTIÓN AMBIENTAL

	Asignatura	Créditos	Periodo
SEGUNDO CURSO	GESTIÓN DEL AGUA	4,5	1
	CALIDAD AIRE Y CAMBIO CLIMÁTICO	4,5	1, 2
	VALORIZACIÓN DE RESIDUOS	4,5	1
	CONTROL Y VIGILANCIA MEDIOAMBIENTAL	4,5	1

ESPECIALIDAD EN MATERIALES

	Asignatura	Créditos	Periodo
SEGUNDO CURSO	REOLOGÍA Y PROCESADO DE MATERIALES POLIMÉRICOS	4,5	1
	MATERIALES POLIMÉRICOS: ESTRUCTURA Y PROPIEDADES	4,5	1
	MATERIALES POLIMÉRICOS PARA APLICACIONES AVANZADAS	4,5	1
	MATERIALES METÁLICOS PARA LA INDUSTRIA QUÍMICA	4,5	1

ESPECIALIDAD EN BIOTECNOLOGÍA

	Asignatura	Créditos	Periodo
--	------------	----------	---------

SEGUNDO CURSO	BIOTECNOLOGÍA DE MATERIALES	4,5	1
	TECNOLOGÍA ENZIMÁTICA	4,5	1
	BIOTECNOLOGÍA ALIMENTARIA	4,5	1
	BIOTECNOLOGÍA FARMACÉUTICA	4,5	1

ESPECIALIDAD EN PROCESOS

	Asignatura	Créditos	Periodo
SEGUNDO CURSO	REFINO DE PETRÓLEO	4,5	1
	INTEGRACIÓN DE PROCESOS QUÍMICOS	4,5	1
	SIMULACIÓN DE PROCESOS	4,5	1
	ANALIZADORES DE PROCESO	4,5	1

vii. MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA AMBIENTAL

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	CALIDAD DEL AIRE	3	1
	ACÚSTICA AMBIENTAL	3	1
	GESTIÓN DEL AGUA	3	1
	GESTIÓN SOSTENIBLE DE SUELOS	3	1
	APROVECHAMIENTO DE RECURSOS ENERGÉTICOS	3	1
	MÉTODOS NUMÉRICOS EN INGENIERÍA AMBIENTAL	3	1
	DISEÑO Y PRODUCCIÓN SOSTENIBLE	3	2
	COMPETENCIAS TRANSVERSALES	12	1, 2
	OPTATIVAS	15	1, 2
	TFG	12	1, 2

viii. MÁSTER UNIVERSITARIO EN ECONOMÍA Y GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	ECONOMÍA DE LA INNOVACIÓN	5	1
	DIRECCIÓN ESTRATÉGICA DE LA INNOVACIÓN	5	1
	ECONOMÍA Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	5	1
	ECONOMÍA, ORGANIZACIÓN Y DIRECCIÓN DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA	5	1
	CRECIMIENTO ECONÓMICO E INNOVACIÓN	5	1
	POLÍTICAS DE I+D E INNOVACIÓN EN LA UNIÓN EUROPEA	5	2
	METODOLOGÍA DE LA CIENCIA Y LA INVESTIGACIÓN	5	2
	INTERNACIONALIZACIÓN DEL CAMBIO TECNOLÓGICO	5	2
	FINANCIACIÓN DE LA INNOVACIÓN Y PROPIEDAD INDUSTRIAL	5	2
	TFM	15	1, 2

ix. MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	ECONOMÍA DE LA ENERGÍA	3	1
	EFICIENCIA ENERGÉTICA	3	1
	TECNOLOGÍA ELÉCTRICA Y REDES	3	1
	GESTIÓN ELECTRÓNICA DE ENERGÍA ELÉCTRICA	3	1
	IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES	3	1
	ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA	3	1
	ASIGNATURAS DE LA ESPECIALIDAD	42	1, 2
SEGUNDO CURSO	TFM	18	1
	COMPETENCIAS	12	1

ESPECIALIDAD EN ENERGÍAS RENOVABLES

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	INTRODUCCIÓN A LOS MERCADOS ENERGÉTICOS	3	1
	TEMAS AVANZADOS DE RECURSOS ENERGÉTICOS	3	1
	ENERGÍA NUCLEAR EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA	3	1
	TEMAS AVANZADOS DE INGENIERÍA TÉRMICA	3	1
	ENERGÍA SOLAR TÉRMICA DE BAJA TEMPERATURA	3	2
	ENERGÍA SOLAR TÉRMICA DE ALTA TEMPERATURA	3	2
	ENERGÍA FOTOVOLTAICA	4,5	2
	DISEÑO AVANZADO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	3	2
	BIOMASA	4,5	2
	SOSTENIBILIDAD DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES	3	2
	OPTATIVAS	9	2

ESPECIALIDAD EN RECURSOS ENERGÉTICOS

	Asignatura	Créditos	1, 2
PRIMER CURSO	INTRODUCCIÓN A LOS MERCADOS ENERGÉTICOS	3	1
	TEMAS AVANZADOS DE ENERGÍAS RENOVABLES	3	1
	ENERGÍA NUCLEAR EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA	3	1
	TEMAS AVANZADOS DE INGENIERÍA TÉRMICA	3	1
	BIOREFINERÍAS	3	2
	SOSTENIBILIDAD Y PETROQUÍMICA	3	2
	SEGURIDAD INDUSTRIAL EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS	3	2
	PROCESOS DE REFINO	3	2
	TRANSPORTE Y LOGÍSTICA DE COMBUSTIBLES	3	2
	TECNOLOGÍAS LIMPIAS DE COMBUSTIÓN	3	2

	GESTIÓN DE PROYECTOS EN LA INDUSTRIA DE COMBUSTIBLES	3	2
	OPTATIVAS	9	2

ESPECIALIDAD EN ENERGÍA NUCLEAR

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	INTRODUCCIÓN A LOS MERCADOS ENERGÉTICOS	3	1
	TEMAS AVANZADOS DE ENERGÍAS RENOVABLES	3	1
	TEMAS AVANZADOS DE RECURSOS ENERGÉTICOS	3	1
	TEMAS AVANZADOS DE INGENIERÍA TÉRMICA	3	1
	TECNOLOGÍAS AVANZADAS DE FUSIÓN	3	2
	LÁSERES Y ACELERADORES	3	2
	SIMULACIÓN DE MONTE CARLO PARA ANÁLISIS NUCLEARES	3	2
	SIMULADORES DE CENTRALES AVANZADAS	3	2
	IMPACTO RADIOLÓGICO AMBIENTAL	3	2
	TECNOLOGÍAS DE FUSIÓN	3	2
	GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS	3	2
	FIABILIDAD Y ANÁLISIS DE RIESGO	3	2
	MATERIALES PARA APLICACIONES ENERGÉTICAS	3	2
	SEMINARIOS AVANZADOS	3	2

ESPECIALIDAD EN GESTIÓN Y MERCADOS ENERGÉTICOS

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	ENERGÍA NUCLEAR EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA	3	1
	TEMAS AVANZADOS DE ENERGÍAS RENOVABLES	3	1
	TEMAS AVANZADOS DE RECURSOS ENERGÉTICOS	3	1
	TEMAS AVANZADOS DE INGENIERÍA TÉRMICA	3	1
	GESTIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS	4,5	2
	SIMULACIÓN DE ESCENARIOS ENERGÉTICOS	4,5	2
	TECNOLOGÍAS PARA EL USO EFICIENTE DE ENERGÍA	3	2
	DIRECCIÓN FINANCIERA	3	2
	MERCADOS DE ELECTRICIDAD	3	2
	MERCADOS AMBIENTALES Y DE ENERGÍAS RENOVABLES	3	2
	OPTATIVAS	9	2

ESPECIALIDAD EN TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	ENERGÍA NUCLEAR EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA	3	1
	TEMAS AVANZADOS DE ENERGÍAS RENOVABLES	3	1
	TEMAS AVANZADOS DE RECURSOS ENERGÉTICOS	3	1

	INTRODUCCIÓN A LOS MERCADOS ENERGÉTICOS	3	1
	PLANTAS TÉRMICAS AVANZADAS	3	2
	INGENIERÍA DE LA COMBUSTIÓN	3	2
	TECNOLOGÍAS PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL DE LA ENERGÍA TÉRMICA	4,5	2
	INGENIERÍA DE TURBINAS DE VAPOR Y GAS	4,5	2
	TECNOLOGÍAS DEL HIDRÓGENO Y PILAS DE COMBUSTIBLE	3	2
	EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL TRANSPORTE	3	2
	OPTATIVAS	9	2

x. MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA MECÁNICA

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	DISEÑO DE SISTEMAS DE FABRICACIÓN	3	1
	INGENIERÍA MECÁNICA ASISTIDA POR COMPUTADOR	3	1
	INGENIERÍA DEL TRANSPORTE	3	1
	MÉTODOS DE SIMULACIÓN AVANZADA	3	1
	OPTATIVAS	33	1, 2
	TFM	15	1, 2

xi. MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE LA ORGANIZACIÓN

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	MÉTODOS CUANTITATIVOS AVANZADOS	3	1
	PENSAMIENTO ESTRATÉGICO	6	1
	COMPLEJIDAD Y REDES	3	1
	ORGANIZACIONES INTELIGENTES	3	1
	DIRECCIÓN DE PROYECTOS AVANZADA	6	1
	FINANZAS CUANTITATIVAS I	3	1
	ANÁLISIS DE DATOS PARA LA GESTIÓN	6	2
	INNOVACIÓN ESTRATÉGICA	3	2
	GESTIÓN DE OPERACIONES AVANZADA	3	2
	DISEÑO DE ECOSISTEMAS DE SUMINISTRO	3	2
	LIDERAZGO TRANSFORMACIONAL	3	2
	FINANZAS CUANTITATIVAS II	3	2
	EMPRENDIMIENTO DE BASE TECNOLÓGICA	3	2
	INGENIA & EMPRENDE	12	2
SEGUNDO CURSO	OPTATIVAS	18	1, 2
	TFM	12	1, 2

**xii. MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA SÍSMICA:
DINÁMICA DE SUELOS Y ESTRUCTURA**

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	DEFINICIÓN DE LA ACCIÓN SÍSMICA	4,5	1
	MÉTODOS GENERALES DE CÁLCULO.SISTEMAS DISCRETOS Y CONTINUOS	3	1
	MÉTODOS DE DISCRETIZACIÓN EN INGENIERÍA	3	1
	RESPUESTA DINÁMICA DE SUELOS	3	1
	MODELADO DE SISTEMA CON ALINEALIDADES GEOMÉTRICAS Y DE MATERIAL	3	1
	CÁLCULO AVANZADO DE ESTRUCTURAS	4,5	1
	PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS SISMORRESISTENTES	3	1
	SEMINARIOS	6	1
	ENSAYOS DINÁMICOS DE LABORATORIO	3	2
	CONTROL DNÁMICO DE ESTRUCTURAS	3	2
	AUSCULTACIÓN DINÁMICA IN-SITU	3	2
	REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS	3	2
	PRÁCTICAS INTEGRALES DE PROYECTO Y CÁLCULO SÍSMICO	3	2
	TFM	15	1, 2

**xiii. MÁSTER UNIVERSITARIO EN AUTOMÁTICA Y
ROBÓTICA**

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	ROBÓTICA APLICADA	3	1
	GUIADO Y NAVEGACIÓN DE ROBOTS	3	1
	SISTEMAS NO LINEALES	3	1
	VISIÓN POR COMPUTADOR	3	1
	INTELIGENCIA ARITFICIAL	3	1
	MATEMÁTICAS PARA AUTOMÁTICA Y ROBÓTICA	3	1
	AUTOMATIZACIÓN AVANZADA	3	2
	LABORATORIO DE AUTOMÁTICA Y ROBÓTICA	6	2
	OPTATIVAS	21	1, 2
	TFM	12	1, 2

**xiv. MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA
ELÉCTRICA**

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	ANÁLISIS DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA	6	1
	PROTECCIONES ELÉCTRICAS	3	1

	DISEÑO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS	3	1
	ANÁLISIS DE REDES CON PERTURBACIONES ELÉCTRICAS	6	1
	GENERACIÓN ELÉCTRICA CON ENERGÍA EÓLICA	3	1
	CONTROL DE ACCIONAMIENTOS ELÉCTRICOS	3	1
	VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	3	1
	ALTA TENSIÓN Y COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO	6	2
	DIAGNÓSTICO Y PROTECCIÓN DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS	3	2
	GENERACIÓN DISTRIBUIDA	3	2
	REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES	3	2
	MERCADOS ELÉCTRICOS	3	2
	INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE GENERACION CON ENERGÍAS RENOVABLES EN REDES ELÉCTRICAS	3	2
	TFM	12	1, 2

xv. MÁSTER UNIVERSITARIO EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	ENERGY MANAGEMENT IN ELECTRONIC SYSTEMS	3	1
	ELECTRONIC LAB	6	1
	SEMINARIOS	3	1, 2
	ASIGNATURAS DE INTINERARIO	36	1, 2
	TFM	12	1, 2

ITINERARIO INVESTIGADOR - ELECTRÓNICA DE POTENCIA

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	ADVANCED POWER SUPPLY SYSTEMS	3	1
	DESIGN OF MAGNETIC COMPONENTS	3	1
	GRID CONNECTED CONVERTERS: AC/DC AND DC/AC	3	2
	MODELLING AND CONTROL OF POWER CONVERTERS	3	1
	SMART GRIDS	3	2
	THREE PHASE RECTIFIERS AND INVERTERS	3	1
	INICIACIÓN A LA INVESTIGACIÓN	6	1, 2
	OPTATIVAS	12	1, 2

ITINERARIO INVESTIGADOR - SISTEMAS EMBEBIDOS

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	INICIACIÓN A LA INVESTIGACIÓN	6	1, 2
	WIRELESS SENSOR NETWORKS	3	1
	DSP: METHODS AND ALGORITHMS	3	2
	DESIGN OF EMBEDDED SYSTEMS	3	1

	EMBEDDED PROCESSING ARCHITECTURES	3	2
	HIGH LEVEL DESCRIPTION OF SYSTEMS	3	2
	INTEGRATED CIRCUITS AND RECONFIGURABLE COMPUTING	3	1, 2
	OPTATIVAS	12	1, 2

ITINERARIO PROFESIONAL

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	WIRELESS SENSOR NETWORKS	3	1
	DESIGN OF EMBEDDED SYSTEMS	3	1
	ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY	3	1
	COMMUNICATION NETWORKS	3	1
	ELECTRONIC INSTRUMENTATION	3	1
	ELECTRONIC DESIGN FOR RELIABILITY	3	2
	OPTATIVAS	12	1, 2

xvi. MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA NUCLEAR

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	FÍSICA NUCLEAR	3	1
	TERMOHIDRÁULICA NUCLEAR	3	1
	MÉTODOS NUMÉRICOS AVANZADOS	3	1
	MATERIALES BAJO IRRADIACIÓN	3	1
	TECNOLOGÍAS AVANZADAS EN REACTORES NUCLEARES	3	2
	SEGURIDAD ENERGÉTICA	3	2
	FUSIÓN NUCLEAR	3	2
	NEUTRÓNICA	3	2
	SEPARACIÓN Y TRANSMUTACIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS	3	2
	MATERIALES BAJO IRRADIACIÓN	3	2
	DISEÑO DE REACTORES NUCLEARES	3	2
	OPTATIVAS	18	1, 2
	TFM	12	1, 2

xvii. DOBLE MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	SISTEMAS INTEGRADOS DE FABRICACIÓN	3	1
	MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS	3	1
	FUENTES DE ENERGÍA	3	1
	SISTEMAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN	3	1

	DIRECCIÓN FINANCIERA	3	1
	RECURSOS HUMANOS Y ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO	3	1
	COMPLEJOS INDUSTRIALES	3	1
	ENERGY MANAGEMENT IN ELECTRONIC SYSTEMS	3	1
	CÁLCULO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS	3	1
	TECNOLOGÍA ELÉCTRICA	3	2
	PROCESOS QUÍMICOS	3	2
	MÁQUINAS HIDRÁULICAS Y EÓLICAS	3	2
	DISEÑO AVANZADO DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS	3	2
	REDES DE SUMINISTRO	3	2
	DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTOS	3	2
	INGENIERÍA DEL TRANSPORTE	3	2
	SEGURIDAD Y CALIDAD INDUSTRIAL	3	2
	ASIGNATURAS DE ITINERARIO	6	1, 2
	INGENIA: INDUSTRIALES ME SUENA	12	1, 2
SEGUNDO CURSO	CÁLCULO DE MÁQUINAS	3	1
	DISEÑO DE INSTALACIONES	3	1
	COMUNICACIONES	3	1
	MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS	3	1
	INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA	3	1
	MICROELECTRÓNICA	3	1
	APLICACIONES INDUSTRIALES DE LA ELECTRÓNICA DE POTENCIA	3	1
	ASIGNATURAS DE ITINERARIO	15	1, 2
	TFM (INGENIERÍA INDUSTRIAL)	12	1, 2
	TFM (ELECTRÓNICA INDUSTRIAL)	12	1, 2

ITINERARIO INVESTIGADOR - ELECTRÓNICA DE POTENCIA

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	MODELLING AND CONTROL OF POWER CONVERTERS	3	2
	GRID CONNECTED CONVERTERS: AC/DC AND DC/AC	3	1
SEGUNDO CURSO	DESIGN OF MAGNETIC COMPONENTS	3	1
	THREE PHASE RECTIFIERS AND INVERTERS	3	1
	SMART GRIDS	3	2
	INICIACIÓN A LA INVESTIGACIÓN	6	1, 2

ITINERARIO INVESTIGADOR - SISTEMAS EMBEBIDOS

	Asignatura	Créditos	Periodo
	DESIGN OF EMBEDDED SYSTEMS	3	1

PRIMER CURSO	WIRELESS SENSOR NETWORKS	3	1
SEGUNDO CURSO	INICIACIÓN A LA INVESTIGACIÓN	6	1, 2
	EMBEDDED PROCESSING ARCHITECTURES	3	2
	HIGH LEVEL DESCRIPTION OF SYSTEMS	3	2
	OPTATIVAS	3	1, 2

ITINERARIO PROFESIONAL

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA	3	1
	DESIGN OF EMBEDDED SYSTEMS	3	1
SEGUNDO CURSO	WIRELESS SENSOR NETWORKS	3	1
	ELECTRONIC DESIGN FOR RELIABILITY	3	2
	OPTATIVAS	3	1, 2

xviii. DOBLE MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA ROBÓTICA

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	SISTEMAS INTEGRADOS DE FABRICACIÓN	3	1
	MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS	3	1
	FUENTES DE ENERGÍA	3	1
	SISTEMAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN	3	1
	DIRECCIÓN FINANCIERA	3	1
	RECURSOS HUMANOS Y ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO	3	1
	COMPLEJOS INDUSTRIALES	3	1
	CÁLCULO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS	3	1
	TECNOLOGÍA ELÉCTRICA	3	2
	PROCESOS QUÍMICOS	3	2
	MÁQUINAS HIDRÁULICAS Y EÓLICAS	3	2
	DISEÑO AVANZADO DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS	3	2
	REDES DE SUMINISTRO	3	2
	DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTOS	3	2
	INGENIERÍA DEL TRANSPORTE	3	2
	SEGURIDAD Y CALIDAD INDUSTRIAL	3	2
	INGENIA: INGENIERÍA DE SISTEMAS	12	1, 2
SEGUNDO CURSO	CÁLCULO DE MÁQUINAS	3	1
	DISEÑO DE INSTALACIONES	3	1
	COMUNICACIONES	3	1
	MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS	3	1

	INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA	3	1
	INGENIERÍA DE SOFTWARE	3	1
	SISTEMAS NO LINEALES	3	1
	ROBÓTICA APLICADA	3	1
	GUIADO Y NAVEGACIÓN DE ROBOTS	3	1
	VISIÓN POR COMPUTADOR	3	1
	INTELIGENCIA ARTIFICIAL	3	1, 2
	MATEMÁTICAS PARA AUTOMÁTICA Y ROBÓTICA	3	1
	INGENIERÍA TÉRMICA	3	2
	DIRECCIÓN ESTRATÉGICA Y DE LA INNOVACIÓN	3	2
	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADOS	3	2
	TENDENCIAS EN ROBÓTICA	3	2
	TFM (INGENIERÍA INDUSTRIAL)	12	1, 2
	TFM (AUTOMÁTICA ROBÓTICA)	12	1, 2

xix. DOBLE MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y EN INGENIERÍA SÍSMICA

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	SISTEMAS INTEGRADOS DE FABRICACIÓN	3	1
	MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS	3	1
	FUENTES DE ENERGÍA	3	1
	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL	3	1
	DIRECCIÓN FINANCIERA	3	1
	RECURSOS HUMANOS Y ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO	3	1
	COMPLEJOS INDUSTRIALES	3	1
	MÉTODOS EXPERIMENTALES APLICADOS AL DISEÑO ESTRUCTURAL	3	1
	TECNOLOGÍA ELÉCTRICA	3	2
	PROCESOS QUÍMICOS	3	2
	MÁQUINAS HIDRÁULICAS Y EÓLICAS	3	2
	DISEÑO AVANZADO DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS	3	2
	REDES DE SUMINISTRO	3	2
	DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTOS	3	2
	INGENIERÍA DEL TRANSPORTE	3	2
	SEGURIDAD Y CALIDAD INDUSTRIAL	3	2
	INGENIA: DESARROLLO Y DIRECCIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIONES INDUSTRIALES	12	1, 2
SEGUNDO CURSO	CÁLCULO DE MÁQUINAS	3	1
	DISEÑO DE INSTALACIONES	3	1
	CONTROL Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES INTELIGENTES	4,5	1

	DEFINICIÓN DE SISTEMAS SOSTENIBLES CON METODOLOGÍA BIM	4,5	1
	MÉTODOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADOS A LA INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS	4,5	1
	MODELADO DE SISTEMAS CON ALINEALIDADES GEOMÉTRICAS Y DE MATERIAL	3	1
	RESPUESTA DINÁMICA DE SUELOS	3	1
	PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS SISMORRESISTENTES	3	1
	DEFINICIÓN DE LA ACCIÓN SÍSMICA	4,5	1
	INGENIERÍA TÉRMICA	3	2
	DIRECCIÓN ESTRATÉGICA Y DE LA INNOVACIÓN	3	1, 2
	DETERMINACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LAS PRESTACIONES ESTRUCTURALES	4,5	2
	CONTROL DINÁMICO DE ESTRUCTURAS	3	2
	ENSAYOS DINÁMICOS DE LABORATORIO	3	2
	REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS	3	2
	PRÁCTICAS INTEGRADAS DE PROYECTO Y CÁLCULO SÍSMICO	3	2
	TFM (INGENIERÍA INDUSTRIAL)	12	1, 2
	TFM (INGENIERÍA SÍSMICA)	15	1, 2

xx. DOBLE MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y CIENCIA Y TECNOLOGÍA NUCLEAR

	Asignatura	Créditos	Periodo
PRIMER CURSO	SISTEMAS INTEGRADOS DE FABRICACIÓN	3	1
	MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS II	3	1
	FUENTES DE ENERGÍA	3	1
	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL	3	1
	DIRECCIÓN FINANCIERA	3	1
	RECURSOS HUMANOS Y ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO	3	1
	COMPLEJOS INDUSTRIALES	3	1
	CÁLCULO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS	3	1
	TECNOLOGÍA Y DISEÑO DE REDES ELÉCTRICAS	3	2
	PROCESOS QUÍMICOS	3	2
	MÁQUINAS HIDRÁULICAS Y EÓLICAS	3	2
	DISEÑO DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS	3	2
	REDES DE SUMINISTRO	3	2
	DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTOS	3	2
	INGENIERÍA DEL TRANSPORTE	3	2
	SEGURIDAD Y CALIDAD INDUSTRIAL	3	2
	INGENIA: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN REACTOR NUCLEAR DE AGUA A PRESIÓN	12	1, 2

SEGUNDO CURSO	CÁLCULO DE MÁQUINAS	3	1
	DISEÑO DE INSTALACIONES	3	1
	MÉTODOS NUMÉRICOS AVANZADOS	3	1
	INGENIERÍA TÉRMICA	3	2
	DIRECCIÓN ESTRATÉGICA Y DE LA INNOVACIÓN	3	2
	SEGURIDAD ENERGÉTICA	3	2
	GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS	3	2
	OPTATIVAS: ESPECIALIZACIÓN TÉCNICAS ENERGÉTICAS	21	1, 2
	OPTATIVAS: INICIACIÓN AL DOCTORADO	18	1, 2
	TFM (INGENIERÍA INDUSTRIAL)	12	1, 2
	TFM (NUCLEAR)	12	1, 2

V. PROYECTOS PROPUESTOS PARA ALGUNAS ASIGNATURAS

Con el objetivo de lograr una mayor comprensión de la propuesta de integración del uso del FabLab en asignaturas ya existentes, se van a proponer proyectos para 5 asignaturas clasificadas dentro del grupo A, es decir, asignaturas donde la aplicación del FabLab podría ser muy directa e intuitiva.

ii. DIBUJO INDUSTRIAL

Pese a que Dibujo Industrial se cursa de manera distinta en las diferentes titulaciones que incluyen la asignatura, en todas ellas se incluye un proyecto en grupo donde hay que diseñar algo con CAD. La propuesta es añadir a esto la fabricación física en el FabLab del objeto esbozado por ordenador en el caso del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales o de alguna parte de este en el caso del Grado en Ingeniería de la Organización y del Grado en Ingeniería Química, ya que en estos dos últimos lo que hay que bocetar con CAD es una maqueta completa. El resumen de las actividades de evaluación progresiva no será el mismo en los tres grados universitarios mencionados.

- Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales:
 - o Primera PEP → 12,5%
 - o Segunda PEP → 15%
 - o Tercera PEP → 12,5%
 - o Actividades de Evaluación Progresiva realizadas fuera del aula y / o en clase → 15%
 - o Proyecto diseño en CAD + fabricación del producto en FabLab → 45%
- Grado en Ingeniería de la Organización y Grado en Ingeniería Química:
 - o PEP 1 → 20%
 - o PEP 2 → 10%
 - o Proyecto diseño en CAD + fabricación de objeto en FabLab → 70%

iii. MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Para esta asignatura se presentarán dos propuestas de proyectos a desarrollar en el FabLab como actividades de evaluación, cada uno de ellos se centrará en una de las dos partes de la asignatura: Transformadores y Máquinas rotativas. En ambos casos se eliminan los “Ejercicios de clase” y “Prácticas de laboratorio” y solamente se realizará una de las PEP (Prueba de Evaluación Progresiva) en cada opción de proyecto. La diferencia en la evaluación de ambos proyectos reside en que los alumnos realizarán la PEP de la parte contraria a la que pertenece el proyecto que han realizado. Es decir, los alumnos que realicen el proyecto de la parte de Transformadores realizarán la PEP de Máquinas Rotativas, mientras que los que desarrollen el proyecto de Máquinas Rotativas harán la PEP de Transformadores. Tanto la PEP como la “Prueba final” serán los mismos y el mismo día que en la opción de Evaluación progresiva que ya existe. Las actividades que se evaluarán, con su respectivo porcentaje, serán las siguientes:

- PEP → 35%
- Prueba Final (solamente si se suspende la PEP) → 35%

- Proyecto desarrollado en el FabLab → 65%

En ambos proyectos se evaluará el producto físico creado en el FabLab, una breve memoria técnica y una presentación ante el Tutor de FabLab de la asignatura. Los dos proyectos que se proponen para Máquinas Eléctricas son:

1. **Diseño y fabricación de un banco de ensayo de transformadores monofásicos y trifásicos** → llevar a cabo el diseño, la fabricación y el ensamblaje de un banco de ensayo portátil que permita hacer ensayos de cortocircuito, vacío y de carga en transformadores monofásicos y trifásicos.
2. **Diseño y construcción de un sistema generador motor con máquina asíncrona y control de velocidad** → diseñar, fabricar y ensamblar de un sistema que permita operar una máquina asíncrona como motor, generador y freno.

iv. SISTEMAS INTEGRADOS DE FABRICACIÓN

Esta asignatura ya se basa en la realización de proyectos en grupo, pero con este método se incluiría la fabricación de un producto físico en alguno de estos proyectos. La creación de un objeto físico en el Fablab supone una carga de trabajo mayor en el proyecto en el que esto se incluye, por ello se le otorgará más importancia y peso en la nota a este y se eliminará uno de los entregables que parten de casos prácticos guiados por el profesor. Las actividades que conforman la nota final serán:

- T1 (caso guiado sin defensa oral) → 25%
- T2 (proyecto desarrollado en FabLab + defensa) → 75%

Para evaluar el proyecto a desarrollar en el FabLab (T2) se tendrá en cuenta el objeto físico creado, una memoria técnica y la defensa ante el profesor. Una propuesta para este proyecto es el **Desarrollo físico de una microcelda de fabricación automatizada**, haciendo uso de sensores y microcontroladores.

v. DISEÑO DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS

Considerando la evaluación de esta asignatura en español, se propone sustituir la actividad “Presentación de Trabajos de diseño” por el diseño y la fabricación de un sistema que emplee sensores y actuadores en grupos. Cada grupo elegirá el sistema que quiere llevar a cabo, siempre y cuando este sea aceptado por el profesor de la asignatura, y que deberá incluir una breve memoria técnica. Un ejemplo de este proyecto de diseño y confección es un **Sistema de adquisición de datos ambientales**, que mida parámetros como la temperatura o la humedad, empleando microcontroladores y sensores, e incluyendo la fabricación de una carcasa protectora del dispositivo.

De esta manera, el peso del examen en la nota final será algo menor de lo que es ahora, quedando de la siguiente forma:

- Proyecto en el FabLab → 50%
- Examen final → 50%

vi. CÁLCULO Y DISEÑO DE MÁQUINAS

Para esta asignatura se propone la eliminación los exámenes parciales y, en su lugar, hacer solamente un examen que englobe todos los contenidos y desarrollar un proyecto en el que haya que idear y materializar en el FabLab un mecanismo funcional, además de crear una memoria técnica donde se recoja el proceso de diseño del mecanismo y las posibles aplicaciones de este. Estos mecanismos podrían ser tales como un **sistema de engranajes**, o un **mecanismo biela-manivela**. Las ponderaciones en la nota de cada una estas dos actividades de evaluación serán:

- Proyecto en el FabLab → 60%
- Examen final → 40%