



Memoria final

Proyectos de Innovación Docente 2021-2022

1. Identificación del proyecto

Título: ANÁLISIS Y DIFUSIÓN DE LA FORMACIÓN MATEMÁTICA REQUERIDA PARA LA ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS ESPECÍFICAS DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA EN LA EINA

Programa: PIEC (Programa de Innovación Estratégica de Centros)

Centro: Escuela de Ingeniería y Arquitectura

2. Coordinadores del proyecto

Coordinador Esmeralda Mainar Maza

Correo electrónico esmemain@unizar.es

Departamento Departamento de Matemática Aplicada

Centro Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Instituto Universitario de Investigación de Matemáticas y Aplicaciones (IUMA)

3. Resumen del proyecto

La formación en ingeniería o en arquitectura tiene, entre sus objetivos, crear profesionales que posean los conocimientos basados en la física y en las matemáticas que fundamenten su especialidad, así como los de la práctica correcta de la misma. Por otra parte, esta formación debe enfatizar en el desarrollo de mentes maduras con la capacidad de razonar y aplicar los conocimientos adquiridos. Los conocimientos matemáticos permiten describir, modelar y resolver situaciones técnicas. Consecuentemente, el dominio de las matemáticas permite un rápido progreso en el desarrollo y adquisición de las competencias específicas de las diferentes ingenierías y de la arquitectura. La formación matemática en las titulaciones de grado y de máster universitario de la Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA) se desarrolla en sus primeros semestres, en solamente 2 o 3 asignaturas (según los casos) de 6 ECTS. Esta formación se complementa con una asignatura de 6 ECTS dedicada a la Estadística. Resulta, por tanto, importante poder determinar con precisión qué herramientas y conceptos matemáticos son imprescindibles para el correcto desarrollo de las asignaturas en las que el alumnado podrá adquirir las competencias específicas requeridas en el correspondiente plan de estudios. Una adecuada difusión de estos requerimientos permitirá planificar un desarrollo óptimo de la docencia en formación matemática, facilitando al correspondiente profesorado una contextualización adecuada de ésta en las diferentes áreas de conocimiento que participan en la formación del alumnado y motivando, de este modo, el seguimiento de las mismas por parte del alumnado.

4. Participantes en el proyecto

Nombre y apellidos	Correo electrónico	Departamento	Centro
Almudena Espinosa Fernández	almudenaef@unizar.es	Departamento de Arquitectura	Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Amaya Martínez Gracia	amayamg@unizar.es	Departamento de Ingeniería Mecánica	Instituto Universitario de Investigación Mixto CIRCE - Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos, Escuela de Ingeniería y Arquitectura

Nombre y apellidos	Correo electrónico	Departamento	Centro
Ana Cristina Royo Sánchez	crisroyo@unizar.es	Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación	Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Beatriz Rubio Serrano	brubio@unizar.es	Departamento de Matemática Aplicada	Instituto Universitario de Investigación de Matemáticas y Aplicaciones (IUMA), Escuela Universitaria Politécnica de Teruel, Centro de Lenguas Modernas
Beatriz Sánchez Tabuena	bstb@unizar.es	Departamento de Ingeniería Mecánica	Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Carmen Rodrigo Cardiel	carmenr@unizar.es	Departamento de Matemática Aplicada	Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Instituto Universitario de Investigación de Matemáticas y Aplicaciones (IUMA)
Claudio Carretero Chamarro	ccar@unizar.es	Departamento de Física Aplicada	Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Ester Pérez Sinusía	ester@unizar.es	Departamento de Matemática Aplicada	Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Instituto Universitario de Investigación de Matemáticas y Aplicaciones (IUMA)
Iván Bailera Martín	bailera@unizar.es	Departamento de Matemática Aplicada	Facultad de Educación, Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Iván Lidón López	ilidon@unizar.es	Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación	Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Jesús Acero Acero	jacero@unizar.es	Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones	Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Juan José Marcuello Pablo	jmarcuel@unizar.es	Departamento de Ingeniería Eléctrica	Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Luis Vicente Borruel	lvicente@unizar.es	Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones	Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), Escuela de Ingeniería y Arquitectura
María Ángeles Martínez Carballo	gelimc@unizar.es	Departamento de Matemática Aplicada	Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Instituto Universitario de Investigación de Matemáticas y Aplicaciones (IUMA)
María Begoña Melendo Pardos	bmelendo@unizar.es	Departamento de Matemática Aplicada	Escuela de Ingeniería y Arquitectura
María del Carmen Galé Pola	cgale@unizar.es	Departamento de Métodos Estadísticos	Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Instituto Universitario de Investigación de Matemáticas y Aplicaciones (IUMA)
María Inmaculada Gómez Ibáñez	igomez@unizar.es	Departamento de Matemática Aplicada	Escuela de Ingeniería y Arquitectura
María José Cantero Medina	mjcante@unizar.es	Departamento de Matemática Aplicada	Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Instituto Universitario de Investigación de Matemáticas y Aplicaciones (IUMA)
María Luisa Sein-Echaluze Lacleta	mlsein@unizar.es	Departamento de Matemática Aplicada	Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Marta Emilia Haro Larrodé	mharolarrode@unizar.es	Departamento de Ingeniería Eléctrica	Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Mercedes Arribas Jiménez	marribas@unizar.es	Departamento de Matemática Aplicada	Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Instituto Universitario de Investigación de Matemáticas y Aplicaciones (IUMA)
Natalia Boal Sánchez	nboal@unizar.es	Departamento de Matemática Aplicada	Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Pablo Díaz Benito	pablodiaz@unizar.es	Departamento de Matemática Aplicada	Escuela Universitaria Politécnica de Teruel
Pilar Brufau García	brufau@unizar.es	Departamento de Ciencia y Tecnología de Materiales y Fluidos	Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Raquel Trillo Lado	raqueltl@unizar.es	Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas	Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), Escuela de Ingeniería y Arquitectura

Nombre y apellidos	Correo electrónico	Departamento	Centro
Sergio Serrano Pastor	sserrano@unizar.es	Departamento de Matemática Aplicada	Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Instituto Universitario de Investigación de Matemáticas y Aplicaciones (IUMA)

5. Rellene, de forma esquemática, los siguientes campos a modo de ficha-resumen del proyecto

Otras fuentes de financiación sin detallar cuantía

No se dispone de fuentes adicionales de financiación

Tipo de proyecto (Experiencia, Estudio o Desarrollo)

Estudio y desarrollo.

Contexto de aplicación/Público objetivo (titulación, curso...)

En esta edición, el contexto de aplicación del PIEC se ha centrado en las 9 titulaciones de grado impartidas en la EINA y en todos sus cursos académicos. En la extensión solicitada del proyecto para el curso 2022-2023, se ha planteado el desarrollo del análisis propuesto en el proyecto para las titulaciones de máster. No cabe duda que la experiencia, el análisis y las conclusiones obtenidas en esta edición del PIEC facilitará y hará más eficiente dicho análisis en las titulaciones de máster universitario.

Se puede decir que el público objetivo directo han sido todos y cada uno de los profesores y profesoras de las titulaciones de grado de la EINA y su alumnado.

Curso académico en que se empezó a aplicar este proyecto

El análisis realizado en el PIEC se ha iniciado en el 2021-2022 y se ha solicitado su continuidad en el curso 2022-2023, a través del proyecto: Análisis y difusión de la formación matemática requerida para la adquisición de las competencias establecidas en los planes de estudios en Ingeniería y Arquitectura de la EINA.

Interés y oportunidad para la institución/titulación

El nuevo **Real Decreto 822/2021, de 28 de septiembre, por el que se establece la organización de las enseñanzas universitarias y del procedimiento de aseguramiento de su calidad** (en adelante RD 822/2021) redefine la organización y las estructuras de las enseñanzas universitarias oficiales, atendiendo a la experiencia acumulada desde la implementación del EEES en las instituciones de educación superior del país, y pretende robustecer las capacidades de empleabilidad que confiere la formación recibida en diferentes títulos, a partir de las competencias y conocimientos asumidos con la voluntad de facilitar a los egresados universitarios una inserción laboral digna y de calidad.

Según el RD 822/2021, los principios generales que deberán inspirar el diseño de los planes de estudios de los títulos universitarios oficiales son los siguientes:

- a) el rigor académico del proyecto formativo que implica una enseñanza universitaria;
- b) la concordancia con el cariz generalista o especializado de los ciclos en los que se inscribe la enseñanza;
- c) la coherencia entre los objetivos formativos del plan de estudios, las competencias fundamentales que se persiguen y los sistemas de evaluación del aprendizaje del estudiantado establecidos;
- d) su comprensibilidad social.

Una vez transcurridos más de 10 cursos académicos desde la implantación de las titulaciones de grado y de máster en la EINA, y tras un periodo inicial en el que las prioridades se centraron en aspectos propios de dicha implantación, para garantizar el cumplimiento de los principios rectores del RD 822/2021, parece conveniente una revisión, análisis y reflexión que permita mejorar la coordinación actual de contenidos de los planes de estudio. En este sentido, conocer de forma precisa la formación matemática que requiere el alumnado en las asignaturas de los cursos superiores de las diferentes titulaciones de la EINA ha permitido analizar si es posible o necesaria una optimización de los contenidos

desarrollados en la enseñanza de las matemáticas, además de una adecuada contextualización de dicha docencia en las diferentes titulaciones que motive al estudiantado al seguimiento de las asignaturas de matemáticas, pero también suponga una mejora en el desarrollo de las asignaturas donde los estudiantes adquieran las competencias específicas de su titulación.

Métodos/Técnicas/Actividades utilizadas

Trabajo colaborativo del equipo del PIEC, integrando la participación del alumnado, de los coordinadores y del profesorado de las 9 titulaciones de grado de la EINA.

Presentación de los objetivos principales del PIEC mediante un Seminario de innovación y buenas prácticas docentes de la EINA.

Reuniones con coordinadores, profesorado, representantes del estudiantado.

Elaboración y envío de un formulario para recabar información sobre los requerimientos matemáticos de las asignaturas y las carencias en formación detectadas, en el que, por otra parte, se preguntaba al profesorado por la posibilidad de facilitar ejemplos sencillos o simplificados, en el marco de su asignatura, que requieran la aplicación de alguno de los requerimientos matemáticos que habían sido señalados anteriormente en el formulario (véase <https://eina.unizar.es/requisitos-matematicos-requeridos-para-la-adquisicion-de-las-competencias-especificas>).

Diseño de 4 plantillas para recoger la información transmitida en los formularios y facilitar su posterior análisis:

- Plantilla 1: INFORMACIÓN SOBRE PARTICIPACIÓN EN LA TITULACIÓN, para recoger la información general sobre el número de respuestas, porcentajes de respuestas recibidas por curso y por semestre, el porcentaje de asignaturas que no requieren formación matemática y el porcentaje de asignaturas en las que no se han detectado carencias.
- Plantilla 2: REQUERIMIENTOS por SEMESTRE, para recoger la información sobre Herramientas/conceptos requeridos por asignaturas y semestres.
- Plantilla 3: CARENCIAS DETECTADAS, para recoger la información sobre Carencias detectadas en las asignaturas y las posibles causas de las mismas.
- Plantilla 4: PROFESORES CON EJEMPLOS, para elaborar una relación del profesorado que ha manifestado su disponibilidad de ejemplos sencillos que reflejen los requerimientos matemáticos de la asignatura y que nos permita hacer cierto seguimiento y reflejar si hemos establecido contacto con el profesor.

A partir de la información recogida en las plantillas, redacción de un análisis pormenorizado en cada titulación sobre requerimientos y carencias que ha permitido sugerir mejoras en el correspondiente plan de estudios.

Presentación de dichos análisis a los coordinadores y profesorado de cada una de las titulaciones de grado de la EINA.

Presentación y descripción de la metodología utilizada en el artículo "Implementation of an efficient strategy to analyze the mathematical training required in undergraduate degrees in Engineering and Architecture", aceptado en the European Conference on Education (ECE2022) que se va a celebrar en Londres.

Organización de una jornada en la que el profesorado va a poder presentar ejemplos sencillos, en el marco de sus asignaturas, en los que se ilustre el importante papel de las matemáticas en la formación de las diferentes titulaciones de grado de la EINA y fomente el diálogo e intercambio de impresiones e ideas entre el profesorado de formación matemática y el profesorado del resto de asignaturas de cada titulación.

Tecnologías utilizadas

Ofimática, talleres/reuniones participativas tanto presenciales como virtuales (meet), charlas, cuestionarios online, espacios colaborativos (drive), anillo digital docente, etc...

Tipo de innovación introducida: qué soluciones nuevas o creativas desarrolla

Desarrollo de una metodología activa y colaborativa para la determinación de los conocimientos y herramientas de cualquier rama de conocimiento (no necesariamente los relacionados con la formación matemática) necesarios para el adecuado desarrollo de las asignaturas de un plan de estudios.

Impacto del proyecto

El proyecto se ha desarrollado gracias al establecimiento y activación de canales de comunicación entre el profesorado y el estudiantado. Se ha diseñado una exitosa estrategia para el análisis y difusión de la información con la que todo el profesorado, el de formación matemática y no matemática, pueda involucrarse. Sin duda la experiencia adquirida en el proyecto permitiría mejorar determinados aspectos estratégicos en su continuación durante el curso 2022-2023.

Características que lo hacen sostenible

El proyecto se ha desarrollado gracias al establecimiento y activación de canales de comunicación entre el profesorado y el estudiantado. Se ha diseñado una exitosa estrategia para el análisis y difusión de la información con la que todo el profesorado, el de formación matemática y no matemática, pueda involucrarse. Sin duda la experiencia adquirida en el proyecto permitiría mejorar determinados aspectos estratégicos en su continuación durante el curso 2022-2023.

Posible aplicación a otras áreas de conocimiento

La estrategia seguida para la determinación de los requerimientos matemáticos necesarios para la adquisición de las competencias a desarrollar en las titulaciones en Ingeniería y Arquitectura puede ser directamente extensible para la determinación de los conocimientos y herramientas de cualquier otra rama de conocimiento (no necesariamente matemática) necesarios para el adecuado desarrollo de las asignaturas de un plan de estudios que actualmente se imparta en la Universidad de Zaragoza.

6. Contexto del proyecto

Necesidad a la que responde el proyecto, mejoras obtenidas respecto al estado del arte, conocimiento que se genera.

El proyecto se presentó en el contexto de mejora continua de la docencia desarrollada en la EINA, reflejado en su segundo Reto/Objetivo estratégico “Mejora continua de la oferta y organización académica” de su vigente plan estratégico y concretado en los siguientes apartados de éste:

2. b) Mantener el rigor científico y técnico en la formación en Ingeniería y Arquitectura, enfatizando y reforzando tanto la formación básica generalista como la cualificación y especialización profesional de nuestras titulaciones singularizándolas en el entorno nacional e internacional.
2. f) Ser referentes en metodologías docentes tanto para la adquisición de competencias técnicas como transversales.

Como se ha señalado en el Apartado 5, el análisis propuesto en el PIEC es imprescindible e ineludible a tenor de la necesaria adecuación de todos los planes de estudios universitarios al RD 822/2021, el cual genera un contexto que debe considerarse como una gran oportunidad para analizar y ser críticos con las titulaciones de la Universidad de Zaragoza y, en particular, de la EINA; para determinar en qué aspectos éstas pueden mejorarse; y, en definitiva, para llevar a cabo todas las mejoras que el alumnado merece, adaptando las titulaciones a las necesidades de la sociedad.

La implantación del espacio europeo de educación superior (EEES) supuso una reestructuración de la enseñanza universitaria. En este proceso, los planes docentes correspondientes a los grados en Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza vieron reducido considerablemente el número de asignaturas en formación matemática. De hecho, el número de créditos correspondiente a la formación matemática en los actuales planes de estudio de los grados en Ingeniería por la Universidad de Zaragoza es considerablemente inferior al de gran parte de las universidades españolas.

Como consecuencia, los descriptores y contenidos de las asignaturas de formación matemática no siempre se ajustan al número de créditos asignados y buena parte del profesorado, no solo de las áreas matemáticas, está observando una deficiente asimilación por parte del alumnado de la formación matemática necesaria para el adecuado seguimiento de las asignaturas en las que éste debe

adquirir las competencias específicas de su plan de estudios. En ocasiones, es el profesorado de estas asignaturas especializadas quien debe asumir la introducción y/o explicación de las herramientas matemáticas que se necesitan, teniendo que limitar consecuentemente el desarrollo de su docencia específica. Esto puede suponer una merma de la diversidad de contenidos específicos que pueden impartir.

Teniendo en cuenta la experiencia adquirida en los años de impartición de los actuales planes de estudios y para dar respuesta a las oportunidades que ofrece el RD 822/2021 es muy aconsejable que, dentro del margen que dan los créditos de las asignaturas, se revisen y actualicen sus contenidos para evitar repeticiones y ausencias de conceptos importantes. Dado la importancia y el carácter cimentados de la formación básica en los planes de estudio universitarios, el proyecto pretendía centrarse en la formación básica matemática que el alumnado de la EINA requiere para adquirir las competencias específicas de su titulación y en una precisa determinación de qué conceptos matemáticos van a resultar imprescindibles para el correcto desarrollo de las asignaturas en las que el alumnado podrá adquirir las competencias específicas requeridas en el correspondiente plan de estudios.

El análisis desarrollado ha permitido determinar con cierta precisión los requerimientos matemáticos necesarios para el adecuado seguimiento de las asignaturas de todos los grados de la EINA e ilustrado carencias formativas detectadas que deben ser corregidas. Por otra parte, ha establecido canales eficaces de comunicación entre el profesorado que, sin lugar a dudas, van a facilitar la contextualización de la docencia de las asignaturas de matemáticas en cada una de las titulaciones de grado de la EINA. Deseamos y confiamos en que el esfuerzo realizado motive a su alumnado de cara a su estudio y seguimiento.

7. Objetivos iniciales del proyecto

Qué se pretendía obtener cuando se solicitó el proyecto.

Los objetivos principales del proyecto desarrollado eran los siguientes:

- Determinar con precisión qué requisitos matemáticos (conceptos, técnicas y herramientas) resultan imprescindibles para el correcto desarrollo de las asignaturas en las que el alumnado adquiere las competencias específicas de ingeniería o arquitectura, requeridas en el correspondiente plan de estudios de la EINA.
- Elaborar una estrategia de difusión de dichos requisitos entre el profesorado y el alumnado que implique una mejor contextualización de la formación matemática en la EINA y realce el importante papel de las matemáticas en la formación y desarrollo de la profesión de la ingeniería y la arquitectura.

Por otra parte, se planteaba diseñar una metodología activa y colaborativa entre el profesorado y el alumnado de todas las titulaciones de la Escuela con el objetivo de:

- Activar mecanismos de comunicación entre el profesorado de formación básica matemática y el profesorado de las asignaturas de cursos superiores, donde el alumnado adquiere competencias específicas de cada titulación.
- Activar mecanismos de comunicación entre el profesorado y el alumnado para analizar las posibles dificultades que este encuentra al cursar asignaturas de cursos superiores, por una carencia de ciertos conocimientos matemáticos básicos.

Adicionalmente, teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se pretendía:

- Analizar si resulta necesario una mejora de los planes de estudios para adecuar el desarrollo de los contenidos en las asignaturas y proponer, por otra parte, aquellas medidas que se consideren necesarias para mejorar la asimilación por parte del alumnado de una adecuada formación matemática.

8. Métodos de estudio/experimentación y trabajo de campo

Métodos/técnicas utilizadas, características de la muestra, actividades realizadas por los estudiantes y el equipo, calendario de actividades.

Los participantes del presente proyecto forman parte del profesorado de diferentes áreas de conocimiento (no solo las relacionadas con las matemáticas) que conforman los planes de estudio de los grados en Ingeniería y Arquitectura de la EINA. Esta diversidad en el perfil formativo de sus componentes ha facilitado y enriquecido el diseño y la puesta en marcha de las metodologías de trabajo, así como el análisis y la difusión de los resultados.

El trabajo realizado se ha organizado en varias fases y etapas:

FASE I: DIFUSIÓN DE LOS OBJETIVOS DEL PIEC (desde el mes de junio hasta el mes de diciembre):

En una primera etapa (desde el mes de junio, hasta el mes de octubre), los componentes del proyecto pertenecientes al área de Matemática Aplicada (MA) mantuvieron reuniones para compartir sus impresiones y las inquietudes que les motivaban a participar en el proyecto; para preparar su planteamiento general, así como los aspectos metodológicos básicos a seguir para abordar los diferentes objetivos.

Por otra parte, se crearon subgrupos de trabajo por titulación, en base a las diferentes titulaciones donde se pretendía desarrollar el estudio, distribuyendo a los componentes del equipo del área de MA en las titulaciones en las que impartían docencia y de las que, por tanto, conocían en profundidad su plan de estudios y profesorado. Durante este periodo se solicitó un curso Moodle en el ADD (NR_44066: PIEC ANÁLISIS Y DIFUSIÓN DE LA FORMACIÓN MATEMÁTICA REQUERIDA PARA LA ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS ESPECÍFICAS DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA EN LA EINA) como repositorio de toda la documentación generada, y eficaz instrumento para la comunicación entre los miembros del PIEC. Asimismo, se preparó una presentación Power Point, ilustrando los aspectos más importantes del PIEC, así como los relacionados con la metodología a desarrollar. Posteriormente, esta presentación ha permitido dar a conocer el proyecto al resto de componentes del PIEC, a los coordinadores de titulación y, en general, a todo el profesorado de la EINA. Las reuniones de trabajo en este periodo se desarrollaron en las siguientes fechas: 24/06/2021, 10/07/2021, 14/10/2021 y 26/10/2021.

En una segunda etapa de la fase de difusión, en sendas reuniones del 3/12/2021 y del 09/12/2021, se presentó el Proyecto al resto de sus componentes del PIEC y a los estudiantes de la Delegación de Alumnos de la EINA. Finalmente, el proyecto fue presentado el 14/12/2021 en el XIII Seminario de Innovación y buenas prácticas docentes de la EINA (presentación accesible en https://eina.unizar.es/sites/eina.unizar.es/files/archivos/Calidad/innovaciondocente/xiii_seminario_innovacion_eina.pdf).

La presentación del proyecto en el Seminario de Innovación y buenas prácticas docentes de la EINA, suscitó el interés por el proyecto de bastante profesorado de la EINA. Como consecuencia, se recibieron solicitudes de profesores para incorporarse al proyecto que fueron atendidas y tramitadas de forma inmediata.

FASE II: DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN, ENVÍO DE FORMULARIO PARA SOLICITAR INFORMACIÓN Y RECEPCIÓN DE RESPUESTAS (desde el mes de enero hasta el mes de marzo)

Los componentes del PIEC se reunieron en varias ocasiones durante este periodo para concretar aspectos metodológicos y estratégicos concretos (reuniones del 18/02/2022, 02/03/2022). Todas las reuniones mantenidas resultaron ser de gran interés y muy enriquecedoras, especialmente por el intercambio de ideas e impresiones entre el profesorado matemático y no matemático. En las citadas reuniones se puso de manifiesto la conveniencia de trabajar de forma conjunta para homogeneizar la nomenclatura utilizada para referirse a las herramientas matemáticas y facilitar, de este modo, el establecimiento de canales eficaces de comunicación que permitieran un flujo constante de información precisa.

En esta etapa se diseñó un formulario para recabar entre el profesorado de las titulaciones de grado información sobre los requerimientos y carencias matemáticas detectadas en la docencia de las asignaturas (véase <https://eina.unizar.es/requisitos-matematicos-requeridos-para-la-adquisicion-de-las-competencias-especificas>). Para ello se consensuó un listado de requerimientos aunando conceptos y herramientas del análisis matemático, del álgebra, de las ecuaciones diferenciales y de la estadística, teniendo en cuenta los temarios de las guías docentes de todas las asignaturas en matemáticas y estadística de todas las titulaciones de la Escuela. Adicionalmente, se incorporaron en el formulario conceptos y herramientas de las Matemáticas de Bachillerato, dado que el profesorado matemático viene apreciando un empeoramiento progresivo de la formación matemática del alumnado de nuevo ingreso. Se organizaron dichos requerimientos adecuadamente para facilitar la determinación de las asignaturas matemáticas en las que éstos se desarrollan en los 9 planes de estudio analizados: Matemáticas I, Matemáticas II, Matemáticas III y Estadística. Por otra parte, en dicho formulario, el profesorado podía indicar otros conceptos o herramientas matemáticas necesarios en su asignatura y no recogidos en el listado de requerimientos, así como las carencias en esta formación detectadas. Igualmente, se preguntaba por la posibilidad de facilitar ejemplos sencillos o simplificados, en el marco de la asignatura, que requieran la aplicación de alguno de los conceptos matemáticos señalados anteriormente.

Seguidamente, se programaron sendas reuniones (el 14/03/2022 y el 21/03/2022) para presentar el proyecto de forma específica a los coordinadores de las titulaciones y conocer su opinión respecto a los objetivos y planteamientos del proyecto, aprovechando la ocasión para mostrarles el formulario diseñado.

En ambas reuniones los coordinadores mostraron su agradecimiento por la iniciativa, que consideraron muy interesante y necesaria, mostrándose muy predispuestos a colaborar en la difusión del proyecto.

Se redactó un mail para que los coordinadores lo remitieran al profesorado de la correspondiente titulación, enfatizando en que el objetivo fundamental del PIEC era facilitar al alumnado la posibilidad de adquirir las competencias específicas propias del correspondiente plan de estudios al determinar con precisión qué herramientas y conceptos matemáticos debe adquirir para el adecuado seguimiento de las asignaturas y anunciando que, una vez analizada la información transmitida, programaríamos reuniones para compartir nuestras conclusiones y estudiar posibles necesidades y oportunidades de mejora. Dicho correo electrónico fue enviado el 21/03/2022, estableciendo un plazo de una semana para la cumplimentación del formulario. Una vez transcurrido dicho plazo, cada equipo elaboró un listado detallando en cada titulación las asignaturas de las que no se había recibido respuesta en el plazo establecido. Dicho listado se envió a los coordinadores solicitándoles el envío de un nuevo mail al profesorado que no había respondido, informando de una ampliación del plazo para la cumplimentación del formulario y que se había habilitado una opción para que en el formulario se pudiera señalar que NO se requiere ninguna formación matemática. En estos casos también era importante que el profesorado nos indicara esa circunstancia a través del formulario ya que dicha información es de gran interés para el proyecto.

Finalmente, se recibieron un total de 382 respuestas distribuidas del siguiente modo:

Semestre de las asignaturas en las que se ha recibido respuesta al formulario/número respuestas

Semestre 1	196
Semestre 2	186

Curso de las asignaturas en las que se ha recibido respuesta al formulario/número respuestas

Primero	108
Segundo	87
Tercero	88
Cuarto	95
Quinto (Arquitectura)	4

Titulación de las asignaturas en las que se ha recibido respuesta al formulario/número respuestas

Grado en Estudios en Arquitectura	30
Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales	62
Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación	46
Grado en Ingeniería Eléctrica	32
Grado en Ingeniería Electrónica y Automática	34
Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto	36
Grado en Ingeniería Informática	53
Grado en Ingeniería Mecánica	36
Grado en Ingeniería Química	53

Área de Conocimiento del profesorado que ha enviado respuesta al formulario/número respuestas

Algebra	2
Análisis Matemático	1
Arquitectura y Tecnología de Computadores	9
Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica	8
Composición Arquitectónica	2
Construcciones Arquitectónicas	5
Estadística e Investigación Operativa	8
Expresión Gráfica Arquitectónica	8
Expresión Gráfica de la Ingeniería	17
Física Aplicada	7
Física de la Materia Condensada	9
Historia del Arte	2
Ingeniería de los Procesos de Fabricación	12
Ingeniería de Sistemas y Automática	16
Ingeniería e Infraestructura de los Transportes	2
Ingeniería Eléctrica	22
Ingeniería Mecánica	10
Ingeniería Química	17
Ingeniería Telemática	11
Lenguajes y Sistemas Informáticos	42
Máquinas y Motores Térmicos	13
Matemática Aplicada	34
Mecánica de Fluidos	9
Mec. de Medios Continuos y Teor. de Estructuras	19
Organización de Empresas	20
Proyectos Arquitectónicos	2
Proyectos de Ingeniería	6
Química Analítica	4
Química Física	5
Química Inorgánica	3
Química Orgánica	2
Tecnología Electrónica	19
Tecnologías del Medio Ambiente	8
Teoría de la Señal y Comunicaciones	24
Urbanística y Ordenación del Territorio	4

FASE III: ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN TRANSMITIDA EN LOS FORMULARIOS RECIBIDOS. PLANTILLAS PARA EL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS (meses de abril y mayo)

En esta fase, el trabajo del proyecto se centró en definir una estrategia que permitiera analizar, ilustrar y extraer conclusiones a partir de la gran cantidad de información recogida en el fichero Excel generado a partir de todas las respuestas a los formularios (reuniones del 30/03/2022 y 22/04/2022).

Para ello se diseñaron 4 plantillas que permitieron clasificar la información transmitida en los formularios y facilitar su posterior análisis:

- Plantilla 1: INFORMACIÓN SOBRE PARTICIPACIÓN EN LA TITULACIÓN, para recoger la información general sobre el número de respuestas, porcentajes de respuestas recibidas por curso y por semestre, el porcentaje

de asignaturas que no requieren formación matemática y el porcentaje de asignaturas en las que no se han detectado carencias.

- Plantilla 2: REQUERIMIENTOS por SEMESTRE, para recoger la información sobre Herramientas/conceptos requeridos por asignaturas y semestres.
- Plantilla 3: CARENCIAS DETECTADAS, para recoger la información sobre Carencias detectadas en las asignaturas y las posibles causas de las mismas.
- Plantilla 4: PROFESORES CON EJEMPLOS, para elaborar una relación del profesorado que ha manifestado su disponibilidad de ejemplos sencillos que reflejen los requerimientos matemáticos de la asignatura y que nos permita hacer cierto seguimiento y reflejar si hemos establecido contacto con el profesor.

Para facilitar la cumplimentación de las plantillas por parte de los diferentes equipos, se elaboró un documento con instrucciones precisas acerca de esta tarea.

Cada uno de los equipos de titulación se encargó de la cumplimentación de las 4 plantillas recogiendo la información relacionada con el correspondiente plan de estudios. Posteriormente, el 19/05/2022 se programó una reunión en la que cada subgrupo de trabajo presentó el análisis realizado sobre la información recogida en las 4 plantillas. Esto permitió comentar los aspectos más destacables, algunos de ellos comunes a varias titulaciones y otros específicos, motivados probablemente por las características particulares de éstas.

En dicha reunión se decidió redactar un informe para cada una de las titulaciones, siguiendo el modelo y estructura de los informes preparados para la reunión en alguna de las titulaciones.

Se hizo hincapié en la conveniencia de resaltar aquellas propuestas que basadas en los datos obtenidos pudieran mejorar u optimizar la docencia en las asignaturas, no necesariamente matemáticas, de la titulación (por ejemplo, planteamiento de la posibilidad de dejar de explicar o profundizar sobre algún requerimiento matemático del listado si éste no se ha señalado necesario en el resto de las asignaturas de la titulación, o de hacer un cambio de semestre de alguna asignatura para mejorar la secuenciación de los contenidos impartidos, o la inclusión de créditos en el plan de estudios con objeto de poder impartir requerimientos señalados y que actualmente no se desarrollan, ...).

En la reunión se incidió en un aspecto destacable y muy preocupante en todas las titulaciones: las deficiencias o carencias en formación matemática preuniversitaria que presenta de forma cada vez más generalizada el alumnado de nuevo ingreso, probablemente por el excesivo protagonismo de las pruebas de la EvAU en el planteamiento de los objetivos docentes de los cursos de bachillerato. En este sentido, se consideró que sería conveniente indicar de forma precisa en el Apartado 1.3 “Recomendaciones para cursar la asignatura” de las guías docentes de las asignaturas de matemáticas y estadística, todos los conocimientos y destrezas matemáticas que son necesarios y, por lo tanto, deberían ser adquiridos por los estudiantes en las asignaturas de Matemáticas del Bachillerato de Ciencias. Esta posibilidad ya ha sido planteada al profesorado del Dpto. del Departamento de Matemática Aplicada en la Escuela desde la coordinación del área y consideramos que va a ser una mejora importante en la guía docente de las asignaturas de matemáticas que va a permitir al alumnado conocer con precisión qué formación matemática debe conocer para el adecuado seguimiento de las asignaturas, pudiendo motivarle al repaso de aquellas nociones en las que no se sienta lo suficientemente preparado. En este sentido, queremos recordar que la Escuela ofrece Cursos 0 preparatorios que están dirigidos a estudiantes de nuevo ingreso matriculados en cualquiera de los Grados ofertados por la Escuela de Ingeniería y Arquitectura, y tienen como finalidad favorecer el desarrollo de las competencias del estudiante y servir de refuerzo preferentemente a estudiantes que no han cursado ciertas materias en sus estudios de Bachillerato o Ciclos Formativos. El curso sobre “Orientación de Matemáticas para Ingeniería y Arquitectura” se centra en favorecer tanto las capacidades y competencias específicamente matemáticas como las genéricas, aumentando el interés del estudiante por aprender a aprender

FASE IV: DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS (mes de junio)

En esta fase que acaba de comenzar, se van a programar reuniones con el coordinador y el profesorado de cada una de las titulaciones de grado para presentar el análisis realizado.

Actualmente se está redactando un artículo con el título: “Implementation of an efficient strategy to analyze the mathematical training required in undergraduate degrees in Engineering and Architecture” que ya ha sido aceptado para su presentación en el congreso the European Conference on Education (ECE2022) que se va a celebrar en Londres en el mes de julio.

Finalmente, se tiene previsto organizar una jornada en el marco de los Seminarios de Innovación y Buenas prácticas de la EINA, dirigida al profesorado y alumnado de la Escuela, para que se puedan presentar ejemplos o ejercicios sencillos en el marco de las asignaturas no matemáticas que requieran el uso de herramientas matemáticas. En estos momentos, se está organizando dicha jornada.

9. Conclusiones del proyecto

Conclusiones: lecciones aprendidas, impacto.

El grado de eficacia o consecución de los objetivos previstos ha sido excelente en todas las titulaciones de grado. No obstante, dado el elevado número de titulaciones y asignaturas impartidas en la EINA, como era previsible no se ha podido llegar a un mismo nivel de detalle en cada plan de estudios quedando pendiente la tarea a realizar en las titulaciones de máster universitario.

Como se pretendía, en cada titulación se ha determinado con cierta precisión qué formación matemática se requiere para el adecuado desarrollo de las asignaturas que conforman su plan de estudios. Por otra parte, el tratamiento de la información recibida en las respuestas al formulario enviado ha permitido describir temporalmente, en los diferentes semestres del plan de estudios, la formación matemática necesitada.

Asimismo, se han listado aquellas carencias en formación matemática detectadas por el profesorado. Al igual que en el análisis de los requerimientos, la gestión de la información recibida ha facilitado el análisis temporal de dichas carencias. Adicionalmente, se han analizado las posibles causas por las que éstas se producen:

- carencias producidas por olvido por parte del estudiantado ya que los contenidos han sido previamente impartidos en el plan de estudios,
- carencias en formación matemática que no se imparte en la titulación,
- carencias debido a una inadecuada planificación temporal que supone que dicha formación matemática se utiliza en el plan de estudios antes de que ésta se haya desarrollado en las asignaturas de formación básica matemática.

Se ha elaborado, para cada titulación, un listado del profesorado que ha señalado poder proporcionar ejemplos en el marco de sus asignaturas donde se puede ilustrar de forma inequívoca la necesidad de dominar determinadas herramientas matemáticas. Dicho listado incorpora aquellos requisitos que el profesor/a ha marcado en el formulario para facilitar de esta forma al profesorado de las asignaturas matemáticas localizar ejemplos ilustrativos en los que se utilicen las diferentes herramientas. Es de destacar el elevado número de profesores que han señalado esta circunstancia en cada una de las titulaciones. Esto ha motivado la organización de una jornada en la que el profesorado podrá presentar dichos ejemplos o ejercicios y por lo tanto se ilustrará el importante papel de las matemáticas en las titulaciones.

Como consecuencia del análisis realizado, se han planteado propuestas para mejorar u optimizar la docencia en las asignaturas, no necesariamente matemáticas, de las diferentes titulaciones de grado en ingeniería y arquitectura impartidas en la EINA (planteamiento de la posibilidad de desarrollar algún requerimiento matemático si éste no se ha señalado necesario en el resto de las asignaturas de la titulación, o de analizar un cambio de semestre de alguna asignatura para mejorar la secuenciación de los contenidos impartidos, o la inclusión de créditos en el plan de estudios con objeto de poder impartir requerimientos señalados y que actualmente no se desarrollan, ...).

En cada titulación se ha redactado un informe detallando, analizando e ilustrando toda la información recogida. Dicho informe será enviado a la coordinación del grado y, adicionalmente, presentado al profesorado de la titulación.

En las reuniones celebradas, especialmente en aquéllas dedicadas al diseño del formulario y el listado de requerimientos matemáticos, se ha puesto de manifiesto el uso de diferentes notaciones utilizadas por el profesorado formación matemática y no matemática. Éste es un aspecto que puede dificultar considerablemente la asimilación de la docencia por parte del estudiantado, requiere de un adecuado análisis y, por lo tanto, se planteará en las reuniones que se programen en el mes de junio para presentar al profesorado de cada titulación de grado de la EINA los resultados obtenidos con el proyecto.

Otro aspecto destacable en todas las titulaciones corresponde a las deficiencias o carencias en formación matemática preuniversitaria que presenta de forma cada vez más generalizada el alumnado de nuevo ingreso, probablemente por el excesivo protagonismo de las pruebas de la EvAU en el planteamiento de los objetivos docentes de los cursos de bachillerato. Este aspecto ya ha sido planteado a la actual armonizadora de la prueba de Matemáticas II de la EvAU. En este sentido, se ha considerado que es conveniente incluir de forma precisa en el Apartado 1.3 “Recomendaciones para cursar la asignatura” de las guías docentes de las asignaturas de matemáticas y estadística, todos los conocimientos y destrezas que son necesarios y, por lo tanto, deberían ser adquiridos por los estudiantes en las asignaturas de Matemáticas del Bachillerato de Ciencias. Otras posibles medidas o análisis en este sentido se desarrollarán en la continuación del PIEC para el curso 2022-2023.

El trabajo realizado se ha desarrollado siguiendo una metodología activa, basada en activar mecanismos de comunicación entre el profesorado de las asignaturas. El proceso nos ha demostrado que una adecuada comunicación entre el profesorado del plan de estudios es fundamental. Por otra parte, la estrategia seguida y el tratamiento de la información puede ser extrapolable para analizar las necesidades en formación no matemática en las titulaciones (no necesariamente de la EINA).

10. Continuidad y Expansión

Transferibilidad (que sirva como modelo para otros contextos), Sostenibilidad (que pueda mantenerse por sí mismo), Difusión realizada .

Transferibilidad: Los resultados de este proyecto son perfectamente extrapolables a otros centros de la UZ. Sin duda, la experiencia adquirida en el presente proyecto podría suponer una mejora del análisis realizado.

Sostenibilidad: Como ya se ha señalado anteriormente, el proyecto se ha desarrollado siguiendo una metodología activa y participativa, gracias al establecimiento de canales de comunicación entre el profesorado. Se ha diseñado una estrategia para el análisis y difusión de la información obtenida y de los resultados con la que todo el profesorado, el de formación matemática y no matemática, ha podido involucrarse.

El presente proyecto constituye un primer avance si bien, éste debe continuar con otros desarrollos que se plantearán en el próximo PIEC.

Difusión realizada: Los objetivos del PIEC se presentaron a toda la comunidad de la EINA a través del XIII Seminario de innovación y buenas prácticas docentes celebrado el 14 de diciembre de 2021 (la presentación utilizada puede consultarse en

https://eina.unizar.es/sites/eina.unizar.es/files/archivos/Calidad/innovaciondocente/xiii_seminario_innovacion_eina.pdf).

Se han programado reuniones con el profesorado de cada una de las titulaciones de grado de la EINA para transmitir los resultados derivados del análisis en cada titulación.

Por otra parte, la metodología llevada a cabo ha motivado del artículo: “Implementation of an efficient strategy to analyze the mathematical training required in undergraduate degrees in Engineering and Architecture”, aceptado en the European Conference on Education (ECE2022) que se va a celebrar en Londres.

Finalmente, se va a organizar una Jornada para mostrar el papel tan importante de las matemáticas en cada una de las titulaciones de grado en la Escuela. Sería deseable que esta jornada constituyera una primera edición de diferentes actividades que se organicen en la EINA para resaltar y poner en valor la formación básica en los planes de estudio de las titulaciones en Ingeniería y Arquitectura.

11. Resultados del proyecto indicando si son acordes con los objetivos planteados en la propuesta y cómo se han comprobado

Método de evaluación, Resultados.

- Determinación precisa de la formación matemática requerida en cada una de las titulaciones de grado de la EINA. Dicha información ha quedado reflejada en los diferentes semestres del plan de estudios en cada uno de los informes realizado en cada una de las titulaciones.

- Determinación de carencias matemáticas que detecta el profesorado de las asignaturas de cada una de las titulaciones de grado de la EINA. Dicha información ha quedado reflejada en los diferentes semestres del plan de estudios en cada uno de los informes realizado en cada una de las titulaciones.
- Creación de listados de profesores/as en disposición de facilitar ejercicios sencillos en el marco de sus asignaturas cuya resolución requiere el uso de los requerimientos matemáticos considerados. Gracias a la información recabada se va a poder obtenerse un ejemplo que ilustre su importancia y utilidad.

A continuación, se incluyen los informes elaborados a partir del análisis realizado en el marco de cada una de las titulaciones de grado de la EINA. En cada informe se recoge la información recabada en cada una de las 4 plantillas, con numerosos gráficos que permiten la determinación temporal de las carencias y requisitos, así como la justificación de las conclusiones extraídas. Cada informe finaliza con una sección en la que se presentan las ideas más importantes con sugerencias para la mejora del correspondiente plan de estudios.

[Enlace informe Grado en Estudios en Arquitectura.](#)

[Enlace informe Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y desarrollo de producto.](#)

[Enlace informe Grado en Ingeniería Eléctrica.](#)

[Enlace informe Grado en Ingeniería Electrónica y Automática.](#)

[Enlace informe Grado en Ingeniería Informática.](#)

[Enlace informe Grado en Ingeniería Mecánica.](#)

[Enlace informe Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales.](#)

[Enlace informe Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación.](#)

[Enlace informe Grado en Ingeniería Química.](#)