

Ingeniería Gráfica, dos experiencias docentes en la Universidad Politécnica de Catalunya para un mismo objetivo

Oscar Farrerons-Vidal ^a & Anna Pujol-Ferran ^b

^a Escuela de Ingeniería de Barcelona Este, Universidad Politécnica de Catalunya (UPC), Barcelona, España. oscar.farrerons@upc.edu
^b Escuela Superior de Ingenierías Industrial, Aeroespacial y Audiovisual de Terrassa, Universidad Politécnica de Catalunya, Terrassa, España. anna.pujol.ferran@upc.edu

Resumen— Las escuelas de ingeniería industrial de Barcelona (EEBE) y Terrassa (ESEIAAT) de la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC) consiguen que sus estudiantes adquieran un elevado nivel de ingeniería gráfica gracias al trabajo continuado en clase y en casa, mediante herramientas Diseño Asistido por Ordenador y croquis, junto con el tipo de ejercicios, las clases de teoría expositiva y teoría aplicada, que permite a los alumnos tener suficientes recursos para poder superar de una manera brillante la evaluación de la asignatura. El artículo permite ver la organización de la asignatura en las dos principales escuelas de la UPC, mediante la combinación de teoría y práctica, su evaluación mediante rúbricas públicas, y la realización de proyecto de ingeniería.

Palabras Clave— ingeniería gráfica; aprendizaje; diseño gráfico; evaluación.

Recibido: 6 de junio de 2018. Revisado: 23 de julio de 2018. Aceptado: 30 de julio de 2018.

Graphic Engineering, a teaching experience at the Polytechnic University of Catalonia

Abstract— The industrial engineering schools of Barcelona (EEBE) and Terrassa (ESEIAAT) of the Polytechnic University of Catalonia (UPC) ensure that their students acquire a high level of graphic engineering. It thanks to continued work in class and at home, using Assisted Design tools by Computer and sketch, different types of exercises and lectures on technical theory and applied theory. Students have enough resources to be able to overcome the evaluation of the subject in a brilliant way. The article allows explain the subject's organization in the two main UPC schools, the combination of theory and practice, the evaluation through public rubrics, and the realization of engineering project.

Keywords— graphic engineering; learning; graphic design; evaluation.

1. Introducción

La Universidad Politécnica de Catalunya (UPC) es una universidad pública catalana especializada en los ámbitos de ingeniería, arquitectura y ciencias. Fue fundada en 1971 en Barcelona, y actualmente dispone de centros educativos en Castelldefels, Manresa, San Cugat del Vallés, Terrassa, Vilanova i la Geltrú, y en tres campus repartidos por la ciudad de Barcelona. En 2012 recibió el reconocimiento como mejor universidad politécnica de España, y actualmente está situada en el número 77 del ranking mundial de universidades de ingeniería y tecnología según QS World University.

El Departamento de Expresión Gráfica en la Ingeniería (EGE) de la UPC es el encargado de impartir la docencia en ingeniería gráfica y proyectos en casi una decena de escuelas de

la UPC. Ofrece enseñanza en grados de Ingeniería de diseño industrial y desarrollo de producto, tecnologías industriales, tecnología y diseño textil, biomédica, química, ingeniería de la energía, eléctrica, electrónica industrial y automática, mecánica, materiales, y finalmente en ingeniería aeroespacial.

En este artículo se expone la metodología docente de la asignatura troncal “Expresión Gráfica”, impartida en los dos principales centros de la UPC, la Escuela de Ingeniería de Barcelona Este (EEBE) y la Escuela Superior de Ingenierías Industrial, Aeroespacial y Audiovisual de Terrassa (ESEIAAT). Se trata de dos escuelas de ingeniería relacionadas con un ámbito comarcal próximo de gran peso industrial, y que simultáneamente tienen el mayor número de alumnos y docentes que imparten esta asignatura (660 alumnos y 19 profesores la EEBE, y 260 alumnos y 10 profesores la ESEIAAT).

Esta asignatura de Ingeniería Gráfica tiene asignados 6 créditos docentes en el European Credit Transfer System (ECTS) [1], lo que equivale a 150 horas de trabajo repartidas en actividades de teoría, problemas, actividades no presenciales y pruebas orales y gráficas. Esta carga académica se distribuye a lo largo de 20 semanas. La organización propia de la asignatura en cada una de las dos escuelas (EEBE y ESEIAAT) está coordinada por un profesor responsable, aunque la programación ha sido un trabajo en equipo de los principales profesores de cada escuela, para llegar a un mismo objetivo didáctico.

Al final del curso los alumnos han de ser capaces de tener una visión espacial desarrollada y un conocimiento de las técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de Diseño Asistido por Ordenador. También habrán de tener capacidad para aplicar con buen criterio los reglamentos y normas de dibujo estándar ISO, y saber aplicar las técnicas de ingeniería gráfica.

2. Ingeniería Gráfica en EEBE

2.1 Objetivos

En la EEBE todos los contenidos de la asignatura están definidos a nivel específico. Los Objetivos tienen asignado su

Como citar este artículo: Farrerons-Vidal, O. and Pujol-Ferran, A., Ingeniería Gráfica, dos experiencias docentes en la Universidad Politécnica de Catalunya para un mismo objetivo. Educación en Ingeniería, 14(27), pp. 9-17, Agosto 2018 - Febrero, 2019.

nivel de competencia, siguiendo el modelo basado en el Proyecto Tuning (Tuning Educational Structures in Europe) [2], estando agrupados por tipos: Objetivos para el Autoestudio, Objetivos para DAO, Objetivos de Conocimiento Combinado, y Objetivos Transversales

Los objetivos para el autoestudio definen los contenidos teóricos que el alumno debe alcanzar mediante el estudio personal. Se recogen en un documento público y quedan vinculados con la bibliografía básica a partir de los ficheros de cada sesión, para que el alumno tenga la adecuada referencia de estudio. Este tipo de objetivos poseen competencias de conocimiento y comprensión.

Los objetivos para DAO son específicos para las habilidades prácticas, se alcanzan mediante ejercicios a realizar en clase y en casa siguiendo guías paso a paso, desarrollando la competencia de aprendizaje como la habilidad genérica que detecta deficiencias en el propio conocimiento y las supera mediante la reflexión crítica y la elección de la mejor actuación para ampliar este conocimiento [3].

Los objetivos de conocimiento combinado requieren la aplicación de los conocimientos teóricos y las habilidades prácticas, con competencias de aplicación, comprensión, síntesis y evaluación.

Los objetivos transversales son aquellos que valora el trabajo en equipo.

2.2 Formación de grupos

La planificación de la asignatura está realizada para utilizar dos tipos de grupos de alumnos, el grupo base (que trabaja en clase de forma coordinada y fuera de ella de forma individual) y el grupo de proyecto (fuera del aula), acordes con innovaciones en metodologías de aprendizaje [4,5]. Se organizan actividades en el aula y fuera siguiendo el ejemplo de modelos de aprendizaje diferentes al presencial [6].

El grupo base es creado por el profesor, formado por 3 integrantes, que serán llamados A, B, C. Se les asignan trabajos rotativos y específicos para cada uno. En general este grupo trabaja en clase, por lo tanto no es necesario que tengan afinidades. Cada semana recibe el encargo de estudiar unos temas (diferente para cada integrante) para ser explicados en clase en el entorno de grupo. El hecho de que un alumno reciba el encargo de explicar un tema, no quiere decir que no deba estudiar los temas propuestos a los otros estudiantes, de hecho puede que necesite comprenderlos para poder explicar su parte.

El grupo de proyecto se recomienda que sea formado por los propios alumnos, debido a que podrán garantizar la coincidencia de horarios. También pueden agruparse por intereses temáticos. El tamaño de grupo es de 3 miembros, pero en este caso no es tan importante pudiendo decidirse el número en función de la cantidad de trabajo que implique un proyecto.

2.3 Elementos del curso

Los ordenadores son un elemento crucial en el curso, pero por si solos no cambian nada, son los docentes los que cambian la enseñanza para adaptarla a los retos del nuevo modelo que las TIC propician [7]. Para ello la asignatura se compone de 5 elementos base:

- Clases de teoría (Autoaprendizaje y Expositivas)
- Ejercicios de croquización
- Ejercicios de DAO del tutorial SolidWorks para resolver en casa, y ejercicios DAO para resolver en clase.
- Proyecto
- Carpeta del Estudiante

2.3.1 Clases de teoría

La teoría correspondiente a la asignatura se imparte en forma de autoaprendizaje y mediante clases expositivas. El autoestudio de los contenidos teóricos se utiliza para el estudio de la normativa, mediante la técnica del puzle utilizada en formación cooperativa [8,9].

Se utiliza la estructura de grupo base donde cada integrante está identificado por una letra. Cada semana recibe el encargo de estudiar unos temas para ser explicados en clase en el entorno de grupo.

Los alumnos deben estudiar y realizar un resumen de la materia estudiada. Dicho resumen, fotocopiado, debe ser entregado al resto de integrantes del grupo, de forma que todos los integrantes tendrán un resumen de todos los temas estudiados a lo largo del curso. Si un estudiante tiene dificultades para entender la información, debe dejar este punto para que lo explique el profesor. En la correspondiente sesión presencial, el grupo se reúne y cada integrante explica los contenidos que tiene adjudicados.

El profesor recoge las preguntas de todos los grupos y realiza la exposición ordenada que las resuelve. Terminada esta exposición se abre turno de preguntas por si quedan elementos sin comprender. Finalizada la fase de preguntas se realizará una prueba de autoevaluación a través de un cuestionario online.

La geometría del espacio es la parte relativa a figuras posicionadas en cualquier situación del espacio. Esta parte del contenido teórico de la asignatura se basa en la geometría euclidiana. Dadas las complejidades teóricas se cree más interesante utilizar las clases expositivas para fijar estos contenidos teóricos. Para mejorar la calidad de las exposiciones se utilizan diapositivas con gráficos y se resuelven pequeños ejemplos en 3 dimensiones con el programa SolidWorks.

2.3.2 Ejercicios de croquización

Este tipo de tarea requiere un proceso individual, sin embargo se considera de gran utilidad que se realice una corrección en grupo y guiada, permitiendo la entrega de los ejercicios una vez corregidos individualmente y en grupo.

Consiste en la realización de croquis a mano alzada de 20 piezas presentadas en dibujos axonómicos. Los ejercicios se resuelven en un librito a la venta en copistería, donde cada hoja con el enunciado esta cuadrículada para facilitar el trabajo.

2.3.3 Ejercicios de DAO

El trabajo en grupo puede ser muy enriquecedor pero en ningún caso sustitutivo del individual. Una buena alternativa es combinar las dos opciones, pero sin utilizar la técnica del puzle, que no sería adecuada. En este caso se propone la resolución en grupo de un ejercicio y la resolución individual en otro, para cada sesión.

La técnica de trabajo en grupo usada consiste en cada día un alumno diferente del grupo utiliza un único ordenador mientras todos discuten y aportan técnicas de resolución.

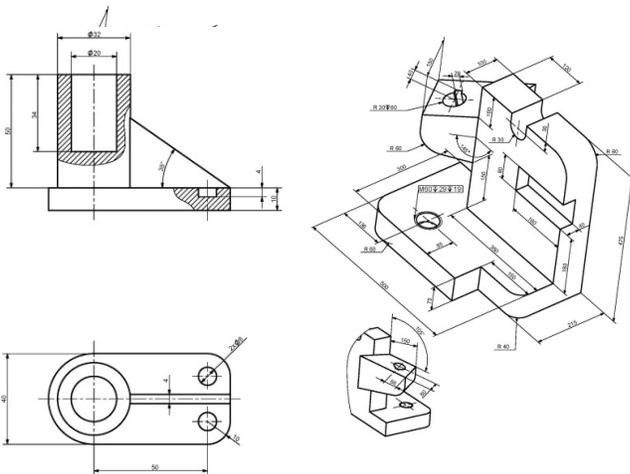
Los ejercicios constan de código de referencia, enunciado en pdf, soluciones en formatos SolidWorks, y guía para la solución.

Se proponen 4 tipos de ejercicios de DAO: Modelado en 3D partiendo de planos en diédrico, Modelado en 3D y planos partiendo de axonométrico, ejercicios de geometría en el espacio y ejercicios de superficies

Los ejercicios de Modelado en 3D partiendo de planos en diédrico acotado (Fig. 1) permiten practicar las técnicas de modelado y la interpretación de vistas y acotaciones diédricas. Se trata de construir un modelo virtual 3D a partir de las vistas diédricas enunciadas.

El Modelado en 3D y planos partiendo de axonométrico (Fig. 2) permite practicar las técnicas de modelado, junto las normas de representación y acotación en planos. Permite practicar la interpretación de dibujos axonométricos. Se trata de definir un modelo virtual 3D a partir de un plano axonométrico acotado.

Los ejercicios de geometría del espacio y superficies permiten aplicar la teoría para la resolución de problemas complejos de modelado. Mejoran capacidad de visión espacial del alumno.



Figuras 1 y 2. Ejercicios tipo de modelado 3D, que se desarrollan en la EEBE. Fuente: Los autores.

2.3.4 Proyecto

Durante las semanas del curso los alumnos van desarrollando un proyecto gráfico de un objeto industrial aplicando las técnicas de dibujo aprendidas en cada sesión mediante aprendizaje cooperativo y constructivista [10]. El trabajo es tutelado por el profesor, que especifica las tareas a llevar a cabo y controla los trabajos en cada momento (Fig. 3).

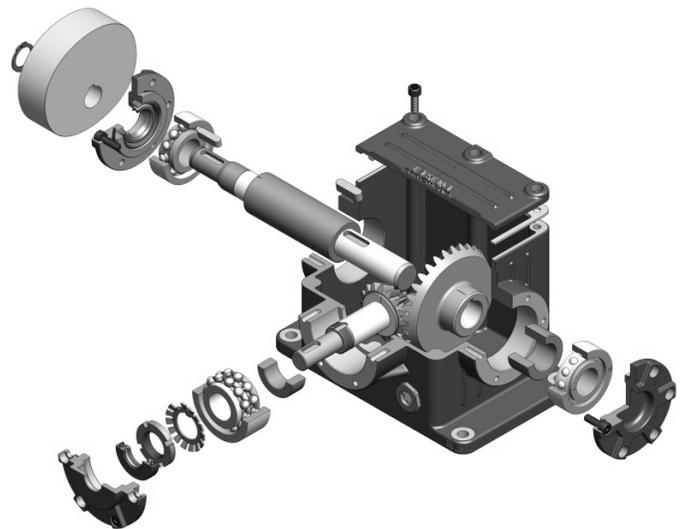


Figura 3. Ejemplo de proyecto realizado en EEBE. Fuente: Los autores.

2.3.5 Carpeta del estudiante

La correcta programación de las actividades permite a los estudiantes tener una “carpeta” que les alcance los objetivos formativos marcados en el currículum [11]. Esta carpeta compuesta por los trabajos a realizar por los alumnos: los entregables (en formato papel y en electrónico). Todos los trabajos en formato electrónico son recogidos por el profesor y puestos a disposición del alumno. Los entregables en papel son devueltos al alumno una vez revisados.

2.4 Rúbricas

El departamento facilita a los estudiantes las rúbricas públicas de calidad [12], que son las descripciones de los criterios de evaluación de cada tipo de ejercicios. Las notas se actualizan semanalmente para asegurar un correcto retorno, necesario para el progreso del curso, así como ser una evaluación de carácter formativo y sumativo [13].

2.4.1 Resúmenes

Son entregables en papel que el profesor, devuelve evaluados al alumno para formen parte de su carpeta. Deben de servir de recordatorio de la materia. También sirven como guía en la exposición a los compañeros. Se evalúa el hecho de que se entreguen y de que su confección implique un trabajo de estudio adecuado.

2.4.2 Pruebas de autoestudio

Son entregables en papel que el profesor devuelve al alumno para formen parte de su carpeta. Cada prueba consiste en 3-6 preguntas. La máxima puntuación por cada prueba es de 3 puntos. Se realizan 9 pruebas en total. Es un componente de la competencia transversal “Trabajo autónomo” en un 15%.

2.4.3 Tutorial DAO

Son los ejercicios a realizar en casa con el tutorial en línea SolidWorks. Se evalúa el hecho de que se entreguen bien ejecutados sin evidencias de no haber sido copiados por el alumno. Se realizan 10 entregas en total. Es un componente de la competencia transversal “Trabajo autónomo” en un 70%.

2.4.4 Corrección de croquis

Sirve para poner nota al alumno por la entrega del libro de Croquis. Se evalúan tanto el número de croquis resueltos, como la limpieza del trabajo y que éstos estén bien corregidos. El número total de croquis a entregar es de 20. Componente de la competencia transversal “Trabajo autónomo” en un 15%.

2.4.5 Ejercicios modelos y planos

Para puntuar la entrega del trabajo realizado en clase en ejercicios de modelado 3D y creación de planos. De valoración voluntaria por parte de cada profesor debido a la gran cantidad de ejercicios.

2.4.6 Ejercicios geometría y superficies

Para puntuar entrega del trabajo realizado en clase en ejercicios de geometría y superficies. Voluntaria por parte del profesor debido a la gran cantidad de ejercicios.

2.5 Evaluación y condicionantes

Los “Condicionantes” son limitaciones que se imponen al mal uso de la política de evaluación, por lo tanto únicamente pretenden que la política de evaluación sea eficaz y justa.

2.5.1 Condicionantes

La obligatoriedad de la realización del Proyecto es una condición necesaria para superar la asignatura. La nota mínima para considerar el proyecto presentado es un 3,5 sobre 10.

La sanción por copia fraudulenta en trabajos y pruebas es otro condicionante. Las acciones irregulares que puedan conducir a la variación significativa de una evaluación en uno o más alumnos se consideran realizaciones fraudulentas de una evaluación. La evaluación fraudulenta se califica con un suspenso y valor numérico de cero en el ejercicio en cuestión. La repetición de una evaluación fraudulenta por un alumno implica el suspenso de la asignatura.

2.5.2 Evaluación, superados los condicionantes

El sistema de evaluación de la asignatura se basa en criterios de calidad [14] y de innovación docente [15] y se asienta en una estrategia de evaluación continuada con el siguiente criterio de base: Entregables = 40%; Evaluación Modelado y Planos = 25%; Evaluación Geometría= 15%; Proyecto= 20%.

Está prevista la realización de dos pruebas prácticas de recuperación. Se proporcionará una sesión para recuperar las pruebas prácticas de “Modelado y Planos” y “Evaluación

Geometría”. La máxima nota alcanzable en una prueba de recuperación práctica es de 5. Las pruebas de recuperación de prácticas no están sujetas a las rúbricas, solo admiten dos calificaciones: un 5 o la misma nota anterior.

2.6 Recursos

Para el correcto funcionamiento de la asignatura se imparte en un grupo de como máximo 30 alumnos, y siempre en aula informática. Es necesario que los ordenadores de las aulas informáticas dispongan de acceso a internet y de sistema operativo Windows para poder soportar SolidWorks.

UPC dispone de licencia estudiante del programa SolidWorks actualizada anualmente. La licencias permiten un uso ilimitado del programa en entono UPC y un uso simultáneo de hasta 500 licencias en casa. Ello permite desarrollar la competencia de aprendizaje autónomo como una competencia esencial para el aprendizaje de la asignatura, tal y como se recoge en los descriptores de Dublín [16], el criterio 3 de ABET [17] y los "Benchmark Statements" establecidos en el Reino Unido por la QAA (The Quality Assurance Agency for Higher Education) [18].

Las aulas informáticas deben disponer de ordenador para profesor con mismas características que los alumnos y pantalla de proyección de grandes dimensiones y cañón de calidad.

La asignatura tiene un espacio operativo en el campus virtual de la UPC ATENEA donde se estructura el contenido teórico y los entregables. Además se complementa con un espacio FTP accesible con el link facilitado por el profesor. En este espacio se pueden encontrar carpetas de recursos didácticos.

3. Ingeniería gráfica en ESEIAAT

3.1 Objetivos

Los objetivos de aprendizaje de la asignatura en ESEIAAT, persiguen facilitar y potenciar la capacidad de abstracción [19], desarrollar y ejercitar la imaginación espacial [20], Introducir conceptos, técnicas y metodologías propias de Ingeniería Industrial, y utilizar el lenguaje técnico gráfico propio del entorno industrial.

Los objetivos comprenden los contenidos teóricos que el alumno tiene que aprender y aplicar en las prácticas. Están definidos por sesiones, con una descripción exhaustiva, al mismo tiempo que se especifican las actividades vinculadas y los objetivos específicos.

Los objetivos para DAO son las habilidades de conocimiento del software Solidworks [21]. Su rápida y correcta utilización será clave para conseguir estos objetivos.

Para obtener los objetivos de conocimiento combinado se requieren aplicar los conocimientos teóricos y las habilidades prácticas, con competencias de comprensión, aplicación, síntesis y evaluación.

La asignatura cuenta con objetivos transversales:

- Trabajo en equipo, coordinación y organización.
- Buena comunicación, ya que los proyectos se presentan oralmente en clase.
- Actitud crítica y resolutive para solucionar los problemas

- que surgen en el proyecto de equipo [22].
- Objetivos generales personales de aprendizaje y mejora.

3.2 Formación de grupos

En la ESEIAAT se utiliza un solo tipo de grupo, para el proyecto, que trabajan de forma coordinada dentro y fuera de clase.

Se recomienda que esté compuesto por 3 miembros. Los grupos son creados por los propios alumnos. El grupo tendrá que trabajar coordinadamente en las 3 sesiones de proyecto de grupo en el aula y después repartirse el trabajo a desarrollar fuera del aula. En las sesiones presenciales de grupo, el profesor sigue y tutoriza el desarrollo del mismo, dando autonomía a los alumnos, pero al mismo tiempo, ofreciendo consejos y directrices para la consecución del mismo.

Una buena organización, coordinación e implicación equitativa de todos los miembros del grupo es fundamental para los buenos resultados del proyecto.

3.3 Elementos de curso

La asignatura Expresión Gráfica se imparte en un semestre, que se divide en 2 parciales.

1º parcial= 7 sesiones+ 1ª prueba de croquis + 1ª prueba parcial

2º parcial= 6 sesiones + 2ª prueba de croquis + 2ª prueba parcial

Para entender los elementos base de la asignatura cabe explicar primero la dinámica habitual de las clases. Cada sesión son 4 horas de clase:

1ª parte 1,50h + 20' descanso + 2ª parte 1,50h

En la 1ª parte de la clase la dinámica es teórica expositiva y aplicada y en la 2ª parte la dinámica es práctica con distintos tipos de ejercicios.

A partir de aquí la asignatura se compone de 9 elementos base, repartidos en las 2 partes de las sesiones:

1ª parte clase teórica: Clases de teoría-expositiva + Clases de teoría-aplicada

2ª parte clase práctica: Ejercicios de croquización + DAO para resolver en clase + DAO para resolver en casa + Proyecto de grupo.

3.3.1 Clases de teoría-expositiva

Las clases de Teoría- expositiva son contenidos expuestos por el profesor en los 55' primeros de cada sesión. Se tiene que tener en cuenta que en Expresión gráfica en la Ingeniería hay muchos contenidos de Representación gráfica básica [23], Geometría [24], Dibujo industrial y normalización [25], como acotación, sesiones, diseño de planos técnicos, y Geometría 3D [26] que requieren del conocimiento de unas bases teóricas.

Tal y como se ha comentado, el estudio de la Geometría se basa en el sistema euclidiano [27]. Toda la documentación sobre los contenidos teóricos está colgada en el campus digital ATENEA para que el alumno los pueda consultar en cualquier momento.

Que esta parte de las sesiones sea Teórica-explicativa por

parte del profesor, no quiere decir que no haya intervenciones de los alumnos, ya que se intenta interpelarlos para fomentar su sentido crítico.

A partir de la sesión, también se resuelven las dudas que han surgido en la ejecución de los ejercicios propuestos en la sesión anterior, especialmente los ejercicios DAO de casa.

3.3.2 Clases de Teoría-aplicada

Las clases de Teoría-aplicada siguen siendo contenidos explicados por el profesor, pero que hacen referencia a procesos y procedimientos de ejecución [28], así como el aprendizaje progresivo en el conocimiento del software.

Es importante que los alumnos aprendan la mejor eficiencia y utilización del software para resolver los ejercicios en un tiempo prudente y con una calidad aceptable de comprensión.

Esta parte ocupa 55' en la 1ª parte de la sesión, justo antes del descanso y después de la clase teórica-explicativa, ya que tiene estrecha relación con la primera parte comentada.

Clase práctica (2ª parte)

En la parte práctica de las sesiones se piden 2 tipos de ejercicios: a resolver en clase y entregar al final de la misma sesión, a resolver en casa durante la semana.

Todos los ejercicios de la parte práctica se entregan. Los croquis en formato papel, los ejercicios DAO por el campus ATENEA. Cada sesión, el alumno realiza de 2 ejercicios de clase y se le pide 2 ejercicios a realizar en casa.

3.3.3 Ejercicios de croquización

Tanto si son ejercicios presenciales o no, una de las modalidades de ejercicios son los croquis a mano alzada. Los ejercicios de croquis son de ejecución individual. Consisten en distintas representaciones:

- Ejercicios de realización de vistas a partir de una pieza 3D.
- Ejercicios de realización de la pieza 3D a partir de las vistas gráficas.

En la asignatura hay un formato de plano con el cajetín correspondiente, que los alumnos pueden imprimirse para realizar estos ejercicios.

Los alumnos pueden acompañarse en herramientas básicas de dibujo [29] (escuadra, cartabón) aunque el alumno que tenga buen pulso puede hacerlo sin ayuda. Son ejercicios hechos a lápiz. Estos ejercicios ayudan a la comprensión de piezas y vistas y agilizan la visión espacial de cuerpos. Son una excelente herramienta para los futuros ingenieros para poder explicar con una hoja y un lápiz cualquier solución a un problema de manera gráfica.

3.3.4 Ejercicios de DAO presenciales

Los ejercicios presenciales en DAO se realizan de forma individual, aunque los alumnos se consultan entre ellos y el profesor participa activamente. Hay distintos tipos de ejercicios DAO:

- Ejercicios de Modelado en 3D, se trata de construir modelos virtuales de piezas representadas con planos de sistema diédrico o axonométrico.

- Ejercicios de planos gráficos de Normalización, a partir del Modelado 3D, se realiza el plano técnico.
- Ejercicios de geometría avanzada, de resolución de problemas complejos de modelado y visión espacial.

Para la realización de estos ejercicios, el alumno cuenta con enunciado en PDF, explicaciones previas del profesor, tutorial de ayuda [30] en Atenea, y la solución del ejercicio (Fig. 4).

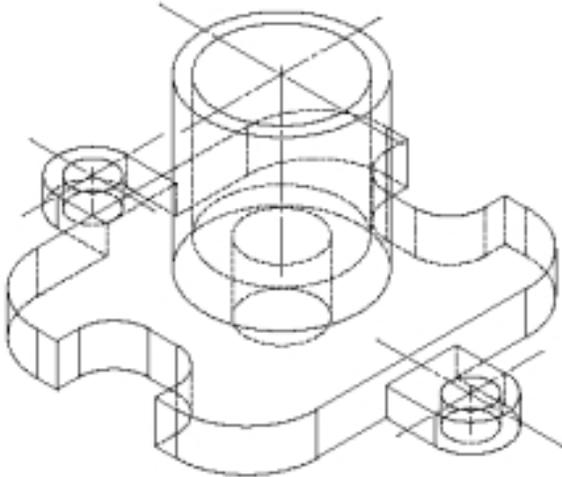


Figura 4. Ejercicio tipo de modelado 3D, realizado en ESEIAAT.
Fuente: Los autores.

3.3.5 Ejercicios de DAO no presenciales

Los ejercicios no presenciales DAO son los que el alumno tiene una semana para resolverlos de forma individual, Los tipos de ejercicios DAO no presenciales son iguales que los presenciales. Para la realización de estos ejercicios el alumno tiene que demostrar que ha entendido los conocimientos teóricos, aplicados y de ejecución para poder llevarlos a cabo. Al ser parecidos a los presenciales, estos ejercicios ayudan a practicar y consolidar el aprendizaje.

3.3.6 Proyecto de grupo

Durante 3 semanas del semestre los alumnos desarrollan un proyecto en grupo. Se trata del proyecto gráfico de un objeto real que ellos pueden escoger. Irán desarrollando el proyecto con el asesoramiento del profesor, que les guiará para su favorable consecución.

Este proyecto será presentado oralmente y visualmente en la última sesión del semestre, y tendrán que defender todas las cuestiones que se les planteen sobre el mismo.

En este proyecto (Fig. 5) los alumnos presentan distintos elementos: Memoria escrita con explicación del proyecto y planos gráficos, poster A3 [31] con la definición y las imágenes principales, presentación visual donde explicarán el proceso seguido y los resultados, y defensa oral del proyecto.



Figura 5. Ejemplo de proyecto realizado en ESEIAAT.
Fuente: Los autores.

3.3.7 Pruebas de croquis

Hay 2 pruebas de croquis durante la asignatura, una en cada parcial. La primera se desarrolla durante la semana 5 y la segunda se desarrolla en la 9. Esta prueba dura 1 hora, y consiste en representar 2 ejercicios a mano alzada, parecidos a los desarrollados en clase, a resolver individualmente.

3.3.8 Pruebas parciales

Al final de cada parcial hay la prueba parcial correspondiente. Se llevan a cabo durante la semana de exámenes y entregas. Son pruebas a desarrollar en SolidWorks que duran 2,5h. Se desarrolla un ejercicio que sintetiza los conocimientos aprendidos en cada parcial.

3.4 Rúbricas

Hay distintas rúbricas en los elementos de la asignatura, algunos son determinados y fijados por cada profesor y otros son consensuados por todos los profesores que la imparten.

3.4.1 Ejercicios de croquis

En todos los ejercicios de croquis, tanto presenciales como no presenciales, el profesor escoge la cantidad de ejercicios que evalúa de cada alumno, que acostumbra a ser 2 ejercicios. Estos se vuelven corregidos con las indicaciones de los errores y los criterios seguidos. Cada profesor estipula su propia rúbrica.

Los croquis siempre se ejecutan en una hoja, se corrigen y se devuelven al alumno. Habitualmente el profesor escoge cual ejercicio evalúa sin que lo sepa el alumno, debido a la gran cantidad de ejercicios entregados. De esta forma el alumno ha de trabajar y entregar todos los ejercicios.

3.4.2 Ejercicios DAO presenciales

Se sigue el mismo sistema que los croquis, el profesor escoge 2 ejercicios a evaluar, sin que el alumno sepa cuales son. Para devolver el ejercicio corregido al alumno, el profesor tiene 2 sistemas de respuesta. O imprime los planos del ejercicio corregido de cada alumno o envía un comentario con todas las correcciones al alumno.

3.4.3 Ejercicios DAO no presenciales

Se sigue el mismo sistema que los croquis y los ejercicios presenciales, el profesor escoge 2 ejercicios a evaluar. El alumno ha de entregar todos los ejercicios. Cada profesor estipula su propia rúbrica en cada ejercicio. Igual que antes, el profesor tiene 2 sistemas de respuesta.

Todos los ejercicios evaluados entre croquis, DAO presenciales y DAO no presenciales son un 5% de la nota final de la asignatura.

3.4.4 Pruebas de croquis

Como se ha dicho anteriormente, hay 2 pruebas de croquis, una en cada parcial. Cada una supone un 10% de la nota final de la asignatura. En el enunciado de la prueba suele haber la rúbrica consensuada entre todos los profesores de la asignatura. La segunda prueba de croquis, en el segundo parcial además funciona como prueba de reevaluación.

3.4.5 Pruebas parciales

En los enunciados de estas pruebas parciales aparecen las rúbricas y criterios de evaluación para que el alumno conozca los criterios puntuables [32]. Estas rúbricas especifican puntos repartidos por todo el proceso de ejecución del ejercicio. En los últimos puntos del ejercicio, se tiene en cuenta la pulcritud, el orden y las nomenclaturas adecuadas en el plano. Las 2 pruebas parciales funcionan de la misma manera, y con criterios muy parecidos. Cada prueba parcial se pondera con un 30% de la asignatura.

3.4.6 Proyecto de grupo

En el proyecto se evalúan diferentes partes, aunque cada profesor de la asignatura emite sus propias rúbricas. Las partes presentadas son las siguientes:

- Presentación oral y visual, donde se tiene en cuenta el trabajo en equipo, la claridad expositiva, la comunicación oral [33], y la defensa del proyecto con argumentos constructivos.
- Memoria gráfica, orden y una comunicación escrita depurada. La parte más significativa es la representación gráfica de los planos.
- Poster A3 teniendo en cuenta la composición visual, las imágenes adecuadas y la legibilidad del proyecto [34].

3.5 Evaluación y condicionantes

3.5.1 Condicionantes

Una evaluación tiene la condición sancionadora por copia fraudulenta tanto en trabajos como pruebas, se califica con un

suspense y valor de 0 en el ejercicio en cuestión. La repetición de una evaluación fraudulenta por uno o más alumnos implica el suspenso de la asignatura.

3.5.2 Evaluación superados los condicionantes

Las pruebas de croquis y pruebas parciales son consensuadas por todos los profesores de la asignatura en ESEIAAT. En cambio, las rúbricas de ejercicios de clase, croquización, presenciales o no presenciales son establecidas según el criterio de cada profesor. Los porcentajes ponderados de la asignatura son:

- 5%- Ejercicios de clase
- 10%- Primera prueba de croquis
- 30%- Prueba primer parcial
- 10%- Segunda prueba de croquis
- 30%- Prueba segundo parcial
- 15%- Proyecto de grupo

3.5.3 Recuperación de pruebas prácticas

Tal y como se ha comentado en el apartado sobre pruebas parciales, la segunda prueba de croquis en el segundo parcial, además funciona como prueba de reevaluación.

Si con todos los porcentajes ponderados, el alumno no supera la nota de 5, tendrá que repetir la asignatura, porque no habrá alcanzado las competencias de la misma. Se puede tener en cuenta la progresión favorable de un alumno, y comprobar que al final ha superado las competencias de la misma.

3.6 Recursos

Los recursos en el aula son parecidos a la EEBE. Los grupos de la asignatura son medianos (máximo 30 alumnos), porque se considera una asignatura instrumental y siempre en aula informática. Los ordenadores de las aulas informáticas disponen de acceso a internet y de sistema operativo Windows, así como el software de dibujo, SolidWorks.

Los alumnos dispondrán de una licencia de estudiante del programa SolidWorks, que se actualiza cada año, para poder trabajar en casa y desde su ordenador personal. Las aulas informáticas disponen de ordenador para profesor conectado a una pantalla de proyección de grandes dimensiones, así como de pizarra para acompañar las explicaciones del profesor. La asignatura tiene un espacio operativo en el campus virtual de la UPC ATENEA donde se estructura el contenido teórico y los entregables.

4. Análisis

Tal y como se ha visto el objetivo común de la asignatura de ingeniería gráfica es el mismo en EEBE que en ESEIAAT. En las dos escuelas de la UPC los alumnos que superan la asignatura consiguen unas mismas competencias genéricas (aprendizaje autónomo, trabajo en equipo y comunicación oral y escrita) y unas mismas competencias específicas (adquisición y mejora de la capacidad visual, y aprendizaje de las principales técnicas de comunicación gráfica). Pero para llegar a esta

misma meta, las dos experiencias docentes, aunque se basan en elementos comunes, no son siempre iguales.

Las dos escuelas fomentan el trabajo en grupo a partir del proyecto encargado. En el caso de la EEBE existe además un segundo grupo de trabajo para la preparación de la teoría.

En cuanto a elementos de grupo, se imparten clases de teoría aplicada y de teoría expositiva en ambos centros, aunque con diferentes calendarios. Tanto EEBE como ESEIAAT llevan a cabo ejercicios de croquización, como fomento de la capacidad visual espacial. De la misma manera hay ejercicios de DAO presenciales y no presenciales, y la entrega final del proyecto, con su defensa pertinente en ambos centros. Para fomentar la evaluación continuada hay varias pruebas parciales durante el curso, y en el caso de la ESEIAAT incluso unas pruebas grupales.

En ambas escuelas se usan las rúbricas para la corrección de ejercicios de DAO presenciales o no, croquis, pruebas parciales y el proyecto de grupo. En EEBE existen además rúbricas para resúmenes teóricos y pruebas de autoestudio.

La política de condicionantes y evaluación es parecida en ambos casos, orientada a favorecer el aprendizaje a través de una evaluación continuada e impedir las acciones irregulares que puedan conducir a la variación significativa la evaluación. En ambos casos existen diferentes tipos de pruebas prácticas de recuperación.

Los recursos usados en la asignatura son parecidos en EEBE y ESEIAAT, puesto que los grupos son de un máximo de 30 alumnos, siendo como es una asignatura instrumental, la docencia se imparte en ambos casos en aula informática, con acceso a internet y el mismo software de dibujo.

En la Tabla 1 puede verse las principales similitudes.

Tabla 1
Estructura de la asignatura por escuela.

	EEBE	ESEIAAT
Objetivos	Competencias transversales Competencias específicas	Competencias transversales Competencias específicas
Formación de grupos	Grupo base de teoría y Grupo de proyecto	Grupo de proyecto
Elementos del curso	Autoaprendizaje, Croquización, Ejercicios DAO presenciales y no presenciales, Proyecto de grupo, Pruebas Parciales individuales	Teoría expositiva y aplicada, Croquización, Ejercicios DAO presenciales y no presenciales, Proyecto de grupo, Pruebas Parciales individuales y de grupo
Rúbricas	Test autoestudio, DAO presenciales y no presenciales, Corrección y pruebas de croquis, Prueba Modelos y planos, Prueba Geometría y superficies, Proyecto Grupo (memoria + exposición	DAO presenciales y no presenciales sin rubricas, Corrección y pruebas de croquis, Primera prueba parcial, Segunda prueba parcial, Proyecto Grupo (memoria + exposición + poster)
Evaluación y Condición	Condicionado a nota mínima 3.5 en proyecto, Evaluación continuada, formativa y sumativa, Recuperación sin rúbrica	Condicionado a evaluación fraudulenta, Evaluación continuada, formativa y sumativa, Recuperación de pruebas prácticas
Recursos	Máximo 30 alumnos, Aula informática (acceso internet), Campus digital ATENEA	Máximo 30 alumnos, Aula informática (acceso internet), Campus digital ATENEA

Fuente: Los autores.

5. Conclusiones

Las metodologías docentes que el departamento EGE utiliza en las escuelas EEBE y ESEIAAT permiten a los estudiantes adquirir un nivel elevado de ingeniería gráfica si se tienen en cuenta el número de aprobados de la asignatura: en el presente curso un 82% en ESEIAAT y un 73% en EEBE, cuando el nivel de aprobados en el conjunto de asignaturas no llega al 70%. El trabajo continuado en clase y en casa mediante herramientas DAO y croquis, junto con el tipo de ejercicios y las clases de teoría expositiva y teoría aplicada permite a los alumnos tener suficientes recursos para poder superar de una manera brillante los objetivos de la asignatura.

Aparte de los datos estadísticos que demuestran que hay un porcentaje mayor de aprobados en la asignatura, se comprueba que el nivel que aportan los alumnos en asignaturas posteriores continuas es mayor, con una incidencia más positiva para enfrentarse a ellas, sobre todo en asignaturas de proyectos, representación o 3D. Aunque se ha podido ver pequeñas diferencias en la organización de la asignatura en EEBE respecto a ESEIAAT, la combinación de teoría y práctica, su evaluación mediante rúbricas públicas, y el tipo de proyecto a realizar, demuestran que la materia docente está coordinada entre las dos escuelas, y responde a lo que se espera de ellas por parte del departamento EGE.

Los conocimientos, habilidades y actitudes de las competencias se evalúan con las prácticas de aprendizaje.

Se persigue el reto que los alumnos adquieran competencias transversales, tales como la comunicación oral y visual, la defensa argumentativa, la planificación individual, el trabajo de equipo y su liderazgo organizativo. En cuanto a competencias específicas, estas se focalizan en la representación espacial, la resolución de problemas técnicos, aplicación de conocimientos de geometría 3D y aplicación adecuada del software.

La ingeniería gráfica puede convertirse en una fuente de nuevas oportunidades para el área del departamento EGE, siempre que se aproveche el potencial de las herramientas de que disponemos y para lo que se debe trabajar más allá del aula. Por ello es necesario una buena programación docente que tenga en cuenta los objetivos, el trabajo en grupo, los elementos del curso, las rúbricas, el tipo de evaluación que llevaremos a cabo junto con la existencia de condicionantes y recuperaciones, y los recursos que se destinan a la asignatura. Todas las competencias, habilidades y métodos impartidos pretenden conseguir proyectos de ingeniería de calidad y eficientes.

Referencias

- [1] ICE, L'avaluació en el marc de l'Espai Europeu d'Educació Superior (EES), 2008, 40 P.
- [2] González, J. y Wagenaar, R., Una introducción a Tuning Educational Structures in Europe. La contribución de las universidades al proceso de Bolonia, Bilbao Publicaciones la Univ. Deusto, 2009.
- [3] Universitat Politècnica de Catalunya. Institut de Ciències de l'Educació, Aprenentatge autònom. [Online]. Available at: https://www.upc.edu/ice/ca/innovacio-docent/publicacions_ice/guies-per-desenvolupar-les-competencies-generiques-en-el-disseny-de-titulacions/aprenentatge-autonom.

- [4] Roca, J., Reguant, M. y Canet, O., Aprendizaje basado en problemas, estudio de casos y metodología tradicional: una experiencia concreta en el grado en enfermería, *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, 168, pp. 163-170, 2015. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.07.029
- [5] López-Pastor, V.M., Evaluación formativa y compartida en la universidad: clarificación de conceptos y propuestas de intervención desde la Red Interuniversitaria de Evaluación Formativa, *Psychol. Soc. Educ.*, 4(c) pp. 117-130, 2012.
- [6] Heinze, A. and Procter, C., Reflections on the use of blended learning, *Educ. a Chang. Environ.*, September, pp. 1-12, 2004.
- [7] Farrerons, O. y Olmedo, N., *Las TIC y la ingeniería gráfica*, 1a ed. Barcelona, 2016. DOI: 10.3926/oms.306
- [8] Martínez-Martínez, M.C.A., El puzzle como actividad de evaluación en el aula en grupos numerosos, in CIDUI, 2010.
- [9] Aronson, M., Blaney, E., Stephin, N., Sikes, C. and Snapp, J., *The Jigsaw classroom*. Beverly Hills, CA: Sage Publishing Company, 1978.
- [10] Morato-Moreno, M., Dos años de experiencia con la enseñanza reglada del dibujo asistido por ordenador, VII Congr. Univ. Innovación Educ. en las Enseñanzas Técnicas. *Libr. Actas*, II(2), pp. 1554-1564, 1999.
- [11] Torra-Bitlloch, I., Identificación, desarrollo y evaluación de competencias docentes en la aplicación de planes de formación dirigidos a profesorado universitario, 2010, 200 P.
- [12] Cano, E., Las rúbricas como instrumento de evaluación de competencias en educación superior: ¿Uso o abuso?, *Profesorado. Rev. Currículum y Form. del Prof.*, 19(2), 2015.
- [13] López-Pastor, V.M., Best practices in academic assessment in higher education, *J. Technol. Sci. Educ.*, 1(2), pp. 25-39, 2011. DOI: 10.3926/jotse.20
- [14] Urraza G., y Ortega, J.M., Diseño de una experiencia de aprendizaje por proyectos en la asignatura de expresión gráfica y diseño asistido por ordenador mediante grupos cooperativos, *Rev. Form. e innovación Educ.*, 2, pp. 128-138, 2009.
- [15] Cadenato, A. y Martínez, M., *Criterios para prácticas de evaluación de calidad*, CIDUI. Barcelona, 2012.
- [16] Marco de cualificaciones del espacio europeo de educación superior. [Online]. Available at: <https://www.uco.es/ciencias/principal/ees/documentos/descriptoresublin.pdf>
- [17] Criterion 3. Program outcomes and assessment, accreditation board for engineering and technology. [Online]. Available at: <http://www.abet.org>.
- [18] QAA, Benchmark Statements, The quality assurance agency for higher education. [Online]. Available at: <http://www.qaa.ac.uk/academicinfrastructure/benchmark/statements/engineering06.asp>.
- [19] Seemann, K.W., Capacity for abstraction and the applied technology learner, ePublications@SCU. Southern Cross University. Lismore, Australia, 2004.
- [20] Vergara, D. y Rubio, M.P., Una innovadora metodología para ejercitar la capacidad de visión espacial de los estudiantes de ingeniería, *REDU Revista de Docencia Universitaria*, 1, pp. 329-347, 2013.
- [21] Gómez-González, S., *Solidworks práctico I. Pieza, ensamblaje y dibujo*, Marcombo Ediciones Técnicas, 2012, 17 P.
- [22] Abellán, M., *Plus design. Beautiful design for living*, Instituto Monsa de Ediciones, 2011.
- [23] Ching, F.D.K. y Jurosek, S.P., *Dibujo y proyecto*, Editorial Gustavo Gili, 2ª edición, Barcelona, 2016, pp 117-119.
- [24] Agarwal, M. y Cagan, J., On the use of shape grammars as expert systems for geometry-based engineering design, *AI EDAM*, 14(5), pp. 431-439, 2000.
- [25] Pu, J. y Ramani, K., On visual similarity based 2d drawing retrieval, *Computer-Aided Design*. 38(3), pp. 246-259, 2016.
- [26] Pepik, B., Stark, M. and Gehler, P., Teaching 3D geometry to deformable part models, *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition- CVPR*, Providence (USA), 2012. DOI: 10.1109/CVPR.2012.6248075
- [27] Mariño, G., *El dibujo espontáneo y la concepción del espacio en los adultos de los sectores populares. Proyecto Colciencias*, Ministerio de Educación Nacional Dimensión Educativa, Bogotá. 1993.
- [28] *Guía de aprendizaje: dibujo industrial II*, Universidad Politécnica de Madrid. Proceso de seguimiento de títulos oficiales, ANX-PR/CL/001-02, curso 2015-16.
- [29] Bargueño, E., *Dibuix tècnic 1*, Editorial Mc Graw-Hill, Colecció Batxillerat, 2006. pp 12-15
- [30] Garcia-Llamas, J.L. y Martínez-Mediano, C., El apoyo tutorial en la educación superior a distancia, *Bordón. Revista de Pedagogía*. 41(3), pp. 501-510, 1989.
- [31] Kerr, J., Eves, F.F. and Carrol, D., The influence of poster prompts on stair use: the effects of setting, poster size and content, *British Journal of Health Psychology*, 6(4), pp. 311-405, 2010. DOI: 10.1348/135910701169296
- [32] Simon, M. and Forgette-Giroux, R., A rubric for scoring postsecondary academic skills, *Practical Assessment, Research & Evaluation Journal*. 7(18), pp. 1-4, 2001.
- [33] Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, P., *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill Education, 6ª edición, 2014, 234 P.
- [34] Garriga, I. y Martí, X., Los caminos de la innovación. Como abordar la fase creativa de un proyecto de innovación para el sector del ocio y las emociones. *Digitalent*, capítulo 5 en: *Conceptes i models d'innovació a 22@network*. Editorial UOC, Economía y Empresa, Barcelona, 2011, pp.33-35.

O. Farrerons-Vidal, recibió el título de Arquitecto en 1995, el título de Doctor en Ingeniería Multimedia en 2011, y el título de postgrado en Enseñanza Universitaria en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) en 2017, todos ellos de la Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España. De 1989 a 2000 trabajó en despachos profesionales de arquitectura e ingeniería de obra civil. Se vinculó al Consorcio de la Escuela de Ingeniería de Barcelona de 1995 a 2000 en el departamento de proyectos, y a partir de esta fecha a la Universidad Politécnica de Catalunya como profesor TC en el departamento de Expresión Gráfica en la Ingeniería. Actualmente es subdirector de dicho departamento. Forma parte de los grupos de investigación "Ingeniería de Proyectos" (GIIP) y "Innovación en Sistemas para el Diseño y la Formación en la Ingeniería" (INSIDE), y del grupo de Evaluación de la Práctica Académica (GRAPA). Posee más de treinta años de experiencia profesional en diseño gráfico de ingeniería civil como colaborador en despachos profesionales de Barcelona. Ha llevado a cabo auditorías técnicas de proyectos de ingeniería. Sus ámbitos de colaboración profesional están referidos a ingeniería civil, urbanismo, sostenibilidad en ingeniería, accesibilidad, e investigación de aguas naturales. Miembro de la Mesa Territorial de Adaptación al Cambio Climático del Montseny (MeTACC) en el proyecto LIFE-CLINOMICS. ORCID: 0000-0002-2292-6184

A. Pujol-Ferran es doctora Arquitecta por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona-ETSAB de la Universidad Politécnica de Cataluña-UPC en 2006. Ingeniera Técnica Industrial por la Escuela Universitaria de Ingeniería Industrial de Barcelona-EUETIB de la UPC en 1993. Licenciada en Bellas Artes, en la especialidad de Diseño, en la Facultad de Bellas Artes de la Universidad de Barcelona-UB en 1990. Con 27 años de experiencia docente, 20 de los cuales a nivel universitario, impartiendo asignaturas de Representación, Diseño y Metodología en diferentes escuelas de diseño y universidades. Actualmente es profesora asociada en la UPC, en la ESEIAAT donde imparte las asignaturas de Expresión Gráfica y Metodología de Proyectos. Participa en el Master Barcelona Design- MBDesign. Ha publicado diferentes artículos de divulgación del diseño, los estudios de ingeniería y de las mujeres ingenieras. Colabora habitualmente en las Aulas de Extensión Universitaria para gente mayor de la UB y en la Escuela de Nuevas Tecnologías Interactivas-ENTIDAD, centro adscrito a la Universidad de Barcelona-UB. Compagina la docencia con la carrera profesional en diseño e ingeniería, colaborando con constructoras y en diferentes proyectos de diseño de interiores, textiles y gráficos. Ha desarrollado tareas como consultora de formación, creando e impulsando nuevas formaciones de postgrado, con una fuerte relación Universidad-Empresa. Por su defensa en la Igualdad de género y con la voluntad de dar visibilidad a las mujeres científicas y técnicas, colabora con diferentes entidades como el Colegio de Ingenieros de Barcelona y el Observatorio Mujer, Empresa y Economía-ODEE de la Cámara de Comercio de Barcelona. ORCID: 0000-0003-2321-7619