

# Herramienta Didáctica para el Autoaprendizaje del Cálculo de Disipadores

D. Antolín  
Área de Electrónica  
Escuela Universitaria Politécnica de la  
Almunia,  
La Almunia de Doña Godina,  
Zaragoza, España  
dantolin@unizar.es

J. Ponce  
Área de Electrónica  
Escuela Universitaria Politécnica de la  
Almunia,  
La Almunia de Doña Godina,  
Zaragoza, España  
jponce@unizar.es

D. Eneriz  
Dept. Ingeniería Electrónica,  
Facultad de Ciencias,  
Universidad de Zaragoza  
Zaragoza, España  
eneriz@unizar.es

J. Pérez  
Dept. Ingeniería Electrónica,  
Facultad de Ciencias,  
Universidad de Zaragoza  
Zaragoza, España  
jorgepb@unizar.es

F. J. Perez-Cebolla  
Dept. Ingeniería Electrónica,  
Escuela de Ingeniería y Arquitectura,  
Universidad de Zaragoza  
Zaragoza, España  
fperez@unizar.es

B. Calvo  
Dept. Ingeniería Electrónica,  
Facultad de Ciencias,  
Universidad de Zaragoza  
Zaragoza, España  
becalvo@unizar.es

**Abstract**— La sociedad actual y el estudiantado universitario consume la información de manera más digital. En este contexto, se plantea la necesidad de proporcionar al estudiante una herramienta digital, que le resulte atractiva y didáctica en el proceso de aprendizaje de los fundamentos de la electrónica de potencia. Concretamente, la herramienta se centra en la metodología a seguir para el cálculo del disipador térmico. La aplicación interactiva desarrollada, denominada “Cálculo de Disipadores (CdD)”, permite determinar la resistencia térmica del disipador según el modo de operación del componente y sus características intrínsecas, de forma que es posible identificar las dependencias de las resistencias térmicas unión-cápsula, cápsula-disipador y la temperatura ambiente, contribuyendo al aprendizaje autónomo. Utiliza software libre en línea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 (ODS 4), proporcionando a la aplicación el formato de un Recurso Educativo en Abierto (REA).

**Keywords**— *Electrónica de potencia, autoaprendizaje, cálculo de disipadores, ODS, REA.*

## I. INTRODUCCIÓN

En el contexto de la sociedad actual cada vez más digital, se plantea la necesidad de proporcionar al estudiantado una herramienta didáctica que le resulte atractiva y a su vez le ayude a comprender mejor la metodología de cálculo de disipadores para componentes electrónicos, temática abordada en la asignatura Electrónica de Potencia en los Grados de Ingeniería Eléctrica [1] e Ingeniería Mecatrónica [2] de la Universidad de Zaragoza (UZ).

La aplicación desarrollada, el apoyo del equipo docente y los ejercicios propuestos convierten el proyecto en una experiencia completa de aprendizaje autónomo, implementada este curso 2021-22 en la asignatura Electrónica de Potencia impartida en los grados de Ingeniería Eléctrica (1<sup>er</sup> semestre) y en Ingeniería Mecatrónica (2<sup>er</sup> semestre) de la UZ. Además, se ha dotado a la aplicación de una licencia de software libre, convirtiéndola en un Recurso Educativo en Abierto (REA).

Así, este trabajo fomenta el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 (ODS 4): Educación de calidad [3],

concretamente los puntos 4.3 (Asegurar el acceso igualitario a la formación superior) y 4.4 (Aumento de las competencias para acceder al empleo).

Este artículo está organizado de la siguiente forma: La Sección II contextualiza el proyecto propuesto dentro de la sociedad digital actual. La Sección III describe las diferentes partes que componen el proyecto educativo. La Sección IV muestra los resultados obtenidos. Finalmente, la Sección V presenta las conclusiones del trabajo.

## II. CONTEXTUALIZACIÓN DEL TRABAJO

El presente proyecto se ha enmarcado dentro de la asignatura de Electrónica de Potencia en los Grados de Ingeniería Mecatrónica e Ingeniería Eléctrica, impartidos por la Escuela Politécnica de la Almunia (centro adscrito) y la Escuela de Ingeniería y Arquitectura (centro propio) de la Universidad de Zaragoza (UZ).

El grado en Ingeniería Mecatrónica desarrolla competencias técnicas de desarrollo de producto y programación de software ad hoc, dando al estudiante las herramientas necesarias para poder abordar y resolver con éxito cualquier tipo de problema de desarrollo de producto.

Sin embargo, se constata una ausencia de experiencia y demostraciones mediante ejemplos reales para resolver problemas concretos durante el transcurso de la titulación. Ocurre lo mismo en el grado de Ingeniería Eléctrica impartido por la Escuela de Ingeniería y Arquitectura.

Por otro lado, la sociedad actual y más la comprendida en el rango de edad del estudiantado consume la formación de manera más digital, es decir, cada vez los libros y la clase magistral son menos atractivas y menos efectivas para transmitir conocimiento en la sociedad digital de hoy en día.

Esto se ve reflejado por el informe del Observatorio Nacional de Tecnología y Sociedad (ONTSI) de 2021 [4] sobre el consumo de contenidos digitales en España. En este informe se recogen los siguientes datos relevantes:

- El porcentaje de población con edades comprendidas entre los 16 y los 74 años que utiliza contenidos digitales educativos ha pasado de 20,3% en 2016 a un

76,4% en 2021. Parte de esta evolución es debida a la situación generada por el COVID, pero muestra un claro incremento del consumo de este tipo de contenidos en los últimos años.

- El porcentaje de personas en la franja de edad anteriormente indicada que en 2016 consumía contenidos educativos diariamente era del 2,6%, mientras que en 2021 pasó a ser del 35,4%. En la misma línea, el 79,5% no consumía nunca este tipo de contenido en 2016, valor que en 2021 paso a ser del 23,3%.
- Las personas menores de 24 años que en 2016 consumía semanalmente contenidos educativos era del 7,6% mientras que en 2021 fue del 80,7%.
- Otra de las conclusiones del informe es que la educación en línea fomenta la responsabilidad y autonomía del alumnado.

Por otro lado, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de Naciones Unidas [5] se proporciona este recurso como un Recurso Educativo en Abierto (OER, *Open Educative Resource*), para contribuir concretamente a los puntos del ODS número 4 que se indican a continuación [3]:

- 4.3 Asegurar el acceso igualitario a la formación superior: De aquí a 2030, asegurar el acceso igualitario de todos los hombres y las mujeres a una formación técnica, profesional y superior de calidad, incluida la enseñanza universitaria.
- 4.4 Aumento de las competencias para acceder al empleo: De aquí a 2030, aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento.

Con estos objetivos y en el contexto indicado se plantea el presente proyecto, que pretende adentrarse en la transformación digital para hacer frente a las necesidades de los estudiantes actuales. Tiene como objetivo proporcionar al alumnado una herramienta digital que resulte más atractiva y ayude a comprender mejor el contenido de la materia, mediante una presentación y exposición diferente a la que están acostumbrados.

Se ha optado por presentar el contenido y de ejercicios con una orientación más cercana a lo que está demandando la sociedad actual, la sociedad digital. Esta experiencia didáctica de aprendizaje autónomo proporciona libertad y responsabilidad al estudiantado, con un método más atractivo.

Con la aplicación desarrollada los estudiantes pueden llevar a cabo un trabajo personal con una herramienta más propia del mundo moderno y que bien podría ser utilizada a nivel profesional. Los alumnos con esta herramienta podrán comprender los fundamentos teóricos en los que se basa el cálculo de disipadores en electrónica, así como calcular el valor de estos componentes, lo que les permitirá verificar los ejercicios que serán resueltos en clase, además de calcular el valor del disipador si lo precisan en su vida profesional.

Dentro de la línea marcada por la apuesta de la Universidad de Zaragoza (UZ) por el software libre y para contribuir de forma más eficaz al ODS #4 la aplicación está

desarrollada en Python. Para que este recurso y la experiencia completa sea considerada como un REA se ha desarrollado una Web en la plataforma Github, en la que también se encuentra colgado el código de la aplicación con una licencia *Creative Commons* de libre distribución y modificación para que pueda ser utilizado por cualquier equipo docente y alumnado.

De esta manera, también se permite el desarrollo de otras competencias transversales como es la programación. Los alumnos tienen un ejemplo de desarrollo de una aplicación del equipo docente hacia el alumnado, utilizando un lenguaje de programación como es Python, que cada día está más extendido y que se enseña en diferentes asignaturas de múltiples grados, como es el caso de Informática en el grado de Ingeniería Mecatrónica.

### III. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

El proyecto, desarrollado en la asignatura de Electrónica de Potencia de los diferentes grados mencionados anteriormente, pretende ser una experiencia completa de autoaprendizaje que consta de una clase magistral donde se explica brevemente una parte de la teoría y la forma de utilizar las herramientas proporcionadas para el proceso de autoaprendizaje: software desarrollado en Python, web desarrollada en Github [6] y documentación para el autoaprendizaje, ejercicios de ejemplo y ejercicios propuestos, de forma que los estudiantes puedan profundizar en el tema propuesto con garantías.

#### A. Clase Magistral

En la clase magistral se hace una presentación de los diferentes elementos que componen la experiencia de autoaprendizaje propuesta.

En primer lugar, se da una explicación de la teoría sobre la disipación térmica de dispositivos sometidos a un régimen continuo de trabajo, contextualizando la necesidad de los disipadores y su utilización. Para terminar con este modo de operación se hace un ejercicio ejemplo.

Después, se presenta la página Web y los recursos que en ella se encuentran: el software Calculador de Disipadores (CdD), la teoría asociada a los diferentes regímenes de trabajo, ejercicios resueltos y ejercicios propuestos [7, 8]. Estos últimos servirán para medir la efectividad en el proceso de aprendizaje de la experiencia propuesta.

Asimismo, se aprovecha la presentación de la página Web para explicar brevemente los otros regímenes de trabajo de dispositivos semiconductores que trabajan en conmutación. Se dan unas pautas sobre los mismos para que el proceso de autoaprendizaje sea lo más efectivo posible.

Por último, se presenta el software desarrollado en Python, explicando cómo funciona y las funcionalidades que tiene. Estas se presentan en el siguiente apartado.

#### B. Aplicación en Python

La aplicación CdD dispone de una interfaz gráfica que integra los contenidos teórico necesarios para el aprendizaje de esta materia de forma autónoma. Además, también integra un manual de usuario que permite realizar el cálculo de disipadores con la aplicación en los diferentes regímenes de funcionamiento. A esta documentación se puede acceder desde el menú principal del programa que se muestra en la Figura 1.



Fig. 1. Captura de pantalla del menú principal de la aplicación CDD.

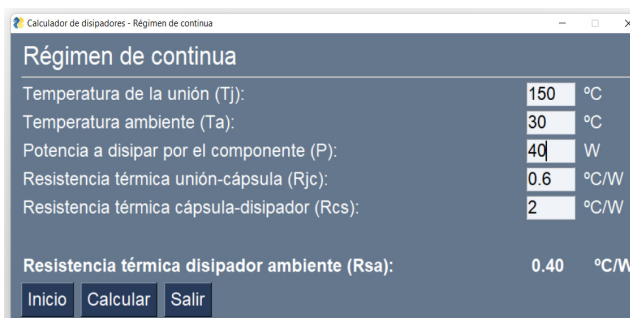


Fig. 2. Captura de pantalla del menú de cálculo para régimen de continua de la aplicación CDD.

Desde este menú, se accede a los diferentes submenús de cálculo y también se permite lanzar la documentación teórica asociada a los regímenes de trabajo utilizando el software de lectura de pdf instalado en el ordenador.

Las Figuras 2, 3 y 4 presentan los diferentes menús para el cálculo de disipadores de semiconductores dependiendo del régimen de trabajo del dispositivo. Los datos a introducir dependen del régimen de operación y algunos de ellos deben ser obtenidos por los miembros del alumnado previamente para ser introducidos en la aplicación. La Figura 2 muestra un ejemplo del cálculo realizado para un dispositivo que opere régimen de continua.

Esta calculadora proporciona al estudiantado una herramienta que le permite conocer si ha resuelto un ejercicio de forma adecuada a la vez que le obliga a tener cierto conocimiento para obtener algunos de los parámetros, a la vez que debe ser capaz de seleccionar el régimen de trabajo del dispositivo.

### C. Web Desarrollada

Como complemento se ha desarrollado también una página web en la plataforma Github. En ella se encuentra el software desarrollado en Python bajo una licencia *Creative Commons* de libre distribución y libre modificación.

La Web, cuya pantalla principal se puede ver en la Figura 5, también contiene la teoría para el cálculo de disipadores en los diferentes regímenes de funcionamiento y para completar la información proporcionada por la aplicación CDD se incluyen unos ejercicios resueltos y también unos propuestos que permitan asentar los conocimientos adquiridos de forma autónoma.

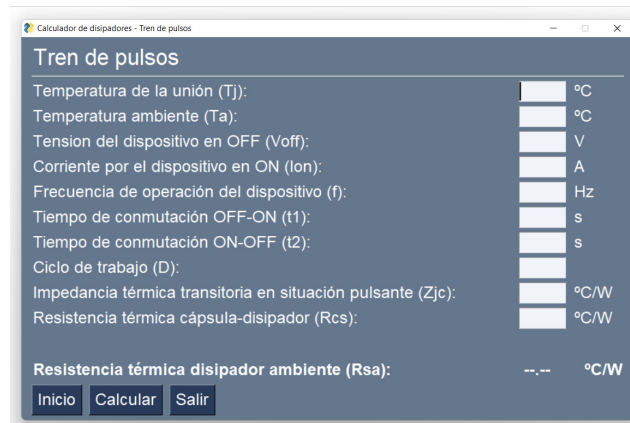


Fig. 3. Captura de pantalla del menú de cálculo para régimen de tren de pulsos de la aplicación CDD.

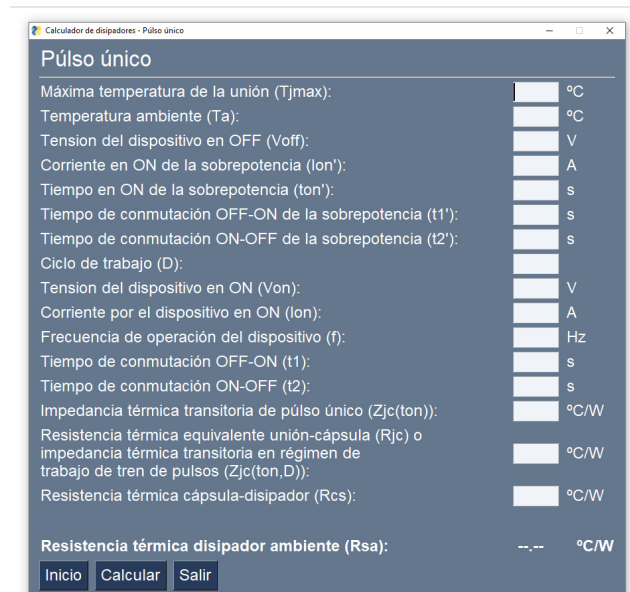


Fig. 4. Captura de pantalla del menú de cálculo para régimen de pulso único de la aplicación CDD.

El enlace a la misma se ha distribuido a los alumnos mediante Moodle. También en esta plataforma se ha dejado un código QR (Fig. 6) que puede ser escaneado y que enlaza con la Web descrita.

## IV. RESULTADOS

La experiencia se ha testado el curso 2021-22 en la asignatura Electrónica de Potencia impartida en los grados de Ingeniería Eléctrica (1<sup>er</sup> semestre) e Ingeniería Mecatrónica (2<sup>er</sup> semestre) de la UZ.

De los 55 alumnos matriculados en la asignatura en el grado de Ingeniería Eléctrica 46 participaron de forma activa, mientras que en su homónima en el grado de Ingeniería Mecatrónica participaron de forma activa 42 alumnos de 52 matriculados, esto supone una tasa de participación en conjunto de un 82%, mostrando el interés del alumnado en participar en la experiencia propuesta.

Por otro lado, desde el profesorado se propusieron varios ejercicios que permitiera evaluar el efecto en el proceso de autoaprendizaje propuesto. Del análisis de la corrección se extrae que el 85% de los alumnos que realizaron la actividad

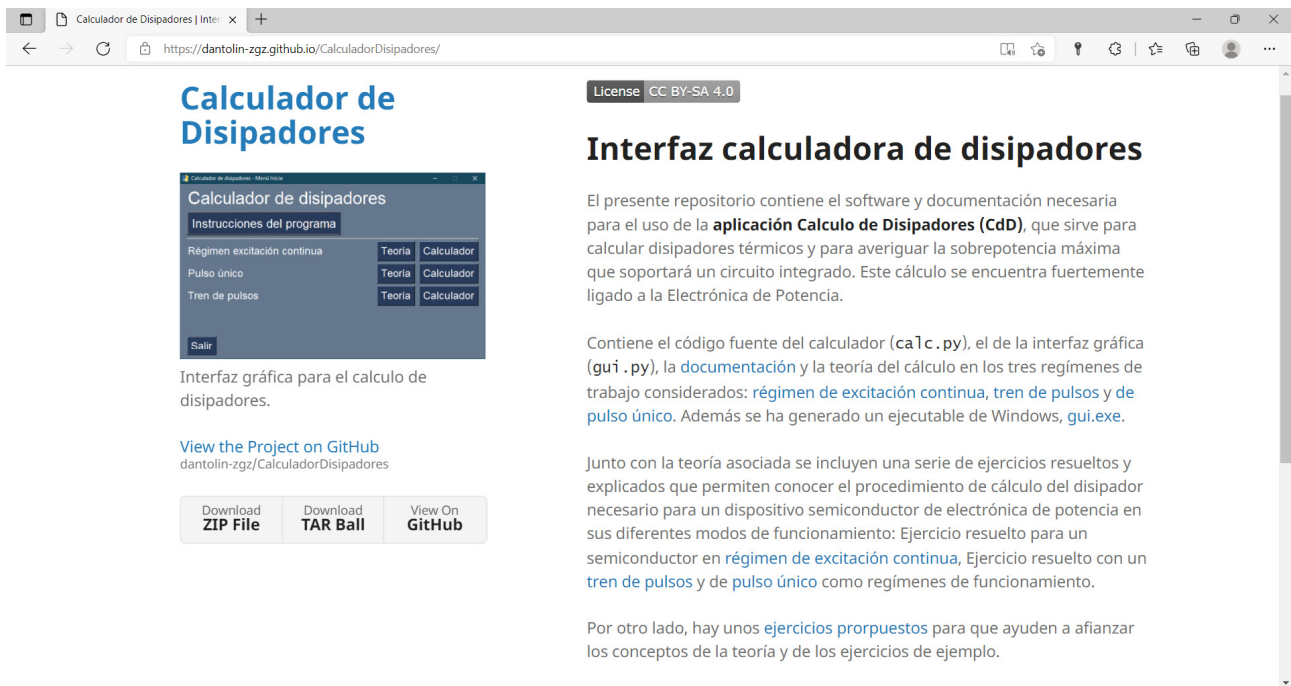


Fig. 5. Captura de pantalla de la página web que contiene toda la información de la experiencia de aprendizaje autónomo.



Fig. 6. QR de enlace a la Web de Github.

propuesta fueron capaces de resolver los ejercicios propuestos con éxito.

Con el objetivo de determinar el grado de satisfacción del alumnado, se solicitó que rellenasen un cuestionario desarrollado utilizando la herramienta Google Form. El cuestionario consiste en 7 preguntas relativas a diferentes características con cinco posibles niveles de respuesta en un rango del 1 al 5: Totalmente en desacuerdo (T.D), desacuerdo (D), neutro (N), de acuerdo (D.A.) y totalmente de acuerdo (T.A.).

Este cuestionario fue relleno por 27 de 42 y 32 de 46 que participaron en la actividad en los grados de Ingeniería Eléctrica (I.E.) e Ingeniería Mecatrónica (I.M.), respectivamente. La calificación en la satisfacción promedio en conjunto es de 4,2 sobre 5, siendo de un 4,1 en I.E. y de un

4,3 en I.M. Esta mejora puede deberse a las correcciones y mejoras realizadas tras la experiencia en el grado de I.E., ya que fue en este grado el primero en implantar la actividad.

La Tabla I recoge las respuestas por titulaciones a cada una de las preguntas de la encuesta. En ella se observa que de manera general la valoración del estudiantado es positiva. Esta información se representa de manera conjunta y gráfica en el diagrama de barras de la Figura 7. Los datos recopilados indican que el grado de satisfacción del estudiantado es alto.

TABLE I. RESULTADO DEL CUESTIONARIO

Preguntas	Grado	T.D.	D.	N.	D.A.	T.A.
#1. ¿La propuesta de proceso de autoproandizaje se encuentra adecuadamente planteada?	I.E.	0	0	5	20	7
	I.M	0	0	3	14	6
#2. ¿Crees que el desarrollo del proyecto ayuda a consolidar los conceptos teóricos?	I.E.	1	1	2	17	11
	I.M	1	0	0	13	9
#3. ¿Consideras adecuados los ejercicios propuestos para la evaluación del proceso de aprendizaje?	I.E.	1	2	4	10	15
	I.M	0	1	2	7	13
#4. ¿Los materiales recomendados por el profesor han sido adecuados?	I.E.	0	1	3	15	13
	I.M	0	1	3	10	9
#5. ¿Crees que el desarrollo de la aplicación de escritorio resulta interesante?	I.E.	4	1	3	13	11
	I.M	2	0	2	10	9
#6. ¿Te resulta interesante que se haya desarrollado una plataforma web abierta?	I.E.	1	3	4	5	19
	I.M	0	1	2	4	16
#7. ¿Cuál es tu grado de satisfacción con la propuesta de autoproandizaje?	I.E.	0	1	3	19	9
	I.M	0	0	1	13	9

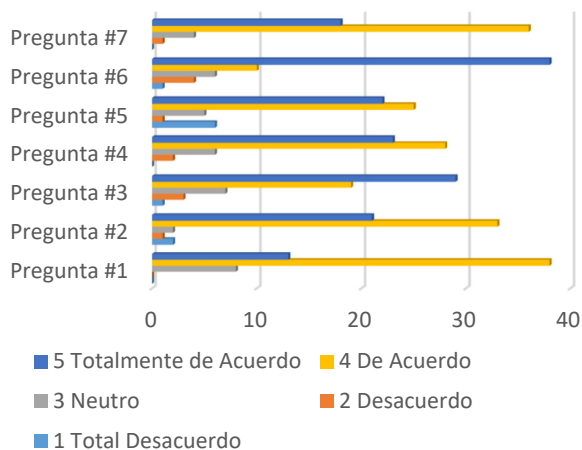


Fig. 7. Diagrama de barras con los datos de la encuesta.

Además, el cuestionario incluye preguntas abiertas en las que pueden proporcionar comentarios y sugerencias sobre el proceso de aprendizaje autónomo. De sus respuestas se extraen las siguientes ideas principales: i) el desarrollo de una página web libre y abierta resulta interesante, siendo además una herramienta que puede ser sucesivamente ampliada; ii) la presentación de componentes de las asignaturas de forma diferente a la habitual genera un mayor interés; iii) propuestas similares podían considerarse en otras asignaturas; iv) la propuesta de una herramienta de aprendizaje con una guía ayuda comprender los conocimientos de manera más efectiva.

## V. CONCLUSIONES

Se ha desarrollado una experiencia didáctica completa compuesta por una clase magistral donde se dan las pautas necesarias para obtener unos resultados de autoaprendizaje efectivos. También incluye una página Web almacenada en la plataforma Github donde se incluye toda la teoría programas, problemas ejemplo y problemas propuestos. Además, se ha desarrollado una aplicación software basada en Python, lenguaje de programación multiplataforma y estudiado en diferentes asignaturas de los Grados en Ingeniería. Dicha aplicación (CdD) permite resolver el cálculo de los disipadores térmicos en los diferentes regímenes de funcionamiento en que se puede encontrar un semiconductor.

El conjunto completo forma un Recurso Educativo en Abierto, para ello se ha licenciado el desarrollo bajo una licencia *Creative Commons* (CC BY-SA 4.0) que permite la libre distribución y modificación con reconocimiento de autoría.

De esta manera se contribuye al ODS #4 en los logros 4.3 y 4.4. Además, permitir al estudiantado que pueda ver y

modificar un código existente y funcional en un lenguaje que han estudiado anteriormente contribuye a la adquisición de competencias en programación de manera transversal.

Esta experiencia digital de aprendizaje autónomo se acerca más a las demandas de la sociedad actual, la sociedad digital, que como se indica en el informe del OTSI [3] ha incrementado enormemente en los últimos años el consumo de contenidos educativos digitales, llegando a consumir este tipo de contenidos de forma semanal más del 80% de las personas menores de 24 años.

La experiencia se ha puesto en marcha en la asignatura de Electrónica de Potencia en los grados de Ingeniería Eléctrica (1<sup>er</sup> semestre) e Ingeniería Mecatrónica (2<sup>er</sup> semestre) de la Universidad de Zaragoza. Para poder valorar la experiencia se ha encuestado a los alumnos que han participado en ella y los resultados presentados en el apartado IV muestran que el porcentaje de alumnos que han participado de la experiencia de autoaprendizaje está entorno al 82%. De los alumnos que participaron de la experiencia y que respondieron a la encuesta realizada para conocer el grado de satisfacción y poder corregir deficiencias y mejorar la experiencia de autoaprendizaje propuesta, se extrae que el grado de satisfacción alto del alumnado, siendo del 4,2 sobre 5. En las respuestas abiertas indican que sería interesante desarrollar propuestas similares en otras asignaturas e incluso dentro de la asignatura donde se ha propuesto la experiencia. Además, los resultados de los ejercicios propuestos por el equipo docente muestran que el grado de aprendizaje alcanzado por el estudiantado es el apropiado en un 85% de los alumnos.

Como conclusión final, el desarrollo de la experiencia completa de autoaprendizaje propuesta ha resultado exitoso.

## AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial al profesor Dr. Nicolás Medrano Marqués por su asesoramiento y guía en la puesta en marcha del proyecto aquí presentado.

## REFERENCIAS

- [1] [https://estudios.unizar.es/estudio/ver?id=146&anyo\\_academico=2021](https://estudios.unizar.es/estudio/ver?id=146&anyo_academico=2021)
- [2] [https://estudios.unizar.es/estudio/ver?id=150&anyo\\_academico=2021](https://estudios.unizar.es/estudio/ver?id=150&anyo_academico=2021)
- [3] <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/>
- [4] Observatorio Nacional de Tecnología y Sociedad (2021). Usos y actitudes de consumo de contenidos digitales en España. Madrid: Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital. [https://doi.org/10.30923/094-21-023-9\\_2021](https://doi.org/10.30923/094-21-023-9_2021)
- [5] <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- [6] <https://dantolin-zgz.github.io/CalculadorDisipadores/>
- [7] V. Fernández, F.J. Pérez, C. Bernal, “Electrónica de Potencia: Teoría, Problemas y Prácticas”. Servicio de publicaciones Universidad de Zaragoza.
- [8] A. Barrado, A. Lázaro, “Problemas de Electrónica de Potencia”. Pearson, 2007