

Trabajos fin de grado como iniciación a la investigación

C. Rus-Casas

*Departamento de Ingeniería
Electrónica y Automática.
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Universidad de Jaén
Jaén (España)*
crus@ujaen.es

orcid.org/0000-0002-6982-4054

F. J. Muñoz-Rodríguez

*Departamento de Ingeniería
Electrónica y Automática.
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Universidad de Jaén
Jaén (España)*
fjmunoz@ujaen.es

P. Roncero-Sánchez

*Instituto de Investigación en energía y
Aplicaciones Industriales.
Universidad de Castilla-La Mancha,
Ciudad Real (España)*
pedro.roncero@uclm.es
<https://orcid.org/0000-0001-7923-9003>

J.I. Fernández-Carrasco

*Departamento de Ingeniería
Electrónica y Automática.
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Universidad de Jaén
Jaén (España)*
jifernan@ujaen.es

J.D. Aguilar-Peña

*Departamento de Ingeniería
Electrónica y Automática.
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Universidad de Jaén
Jaén (España)*
jaguilar@ujaen.es

Abstract— En los estudios de grado, la asignatura correspondiente al trabajo fin de grado (TFG) es una actividad académica que permite valorar en detalle las competencias adquiridas por los estudiantes durante su periodo de formación. En este trabajo se muestra la experiencia de un TFG vinculado a un Proyecto de investigación en curso como una solución viable y factible para estimular a los estudiantes de grado en Ingeniería Electrónica Industrial. Los resultados muestran que el alumno percibe esta propuesta como una oportunidad de formarse en una temática actual y con proyección profesional.

Keywords— Iniciación a la investigación, microrred, convertidores de potencia experiencias docentes, TFG.

I. INTRODUCCIÓN

Desde hace unos años, los gobiernos, las empresas, los centros de conocimiento e investigación así como las universidades, han venido realizando propuestas y estudios con el fin de incorporar energías renovables en el mix eléctrico, y así definir un nuevo modelo energético más sostenible. Estas iniciativas son estructuradas a nivel europeo y nacen de la preocupación por el cambio climático y por la necesidad de emprender una acción por el clima inmediata [1]. La Unión Europea lanza políticas relacionadas con el clima y la energía en favor de una reducción de las emisiones de aquí a 2030 de al menos un 40 % con respecto a 1990. Estas políticas pretenden reducir la dependencia de las importaciones de energía, en particular las importaciones de petróleo y gas, que en la actualidad representan aproximadamente un 55 %, hasta descender en 2050 al 20 %. Esto incidiría positivamente en el comercio de la UE y en su posición geopolítica, pues daría lugar a una marcada reducción del gasto en importación de combustibles fósiles. Para 2050, más del 80 % de la electricidad provendrá de fuentes de energía renovable [2]–[4].

En esta hoja de ruta, se ha colado la crisis provocada por el COVID-19 que ha hecho que las Instituciones Europeas incorporen estos planteamientos de transición energética a propuestas sostenibles como parte de la recuperación económica que se lleve a cabo [5]. El marco de la política energética y climática en España está determinado por la Unión Europea, para la que el gobierno ha elaborado un Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC)

[1]. El PNIEC propone retos y oportunidades a lo largo de las cinco dimensiones de la Unión de la Energía: la descarbonización, incluidas las energías renovables; la eficiencia energética; la seguridad energética; el mercado interior de la energía y la investigación, innovación y competitividad.

Para dinamizar estos nuevos retos se redactan las convocatorias competitivas de proyectos de I+D+i a diferentes niveles, europeos, nacionales y autonómicos. En estas convocatorias se marcarán líneas prioritarias en las que los avances en investigación que aporten soluciones para la incorporación de energías renovables en el sistema eléctrico están incluidos. En este sentido, los profesores universitarios realizan propuestas de proyectos de investigación con las que se acude a diferentes convocatorias [6].

Las propuestas vienen marcadas por un claro avance de los conocimientos adquiridos sobre las diferentes temáticas. Actualmente, existen convocatorias vinculadas a retos avanzados en la búsqueda de soluciones a los problemas energéticos de nuestra sociedad. España presenta un enorme potencial de generación eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos gracias a los altos niveles de radiación solar incidente. El desarrollo de este potencial permite disminuir la dependencia energética del exterior y alcanzar un modelo energético respetuoso con el medio ambiente. En este contexto un grupo de profesores desarrollan un proyecto de investigación para estudiar las configuraciones que pueden adoptar los sistemas fotovoltaicos, su tecnología así como los sistemas electrónicos utilizados para gestionar y almacenar la energía procedente de ellos en la red eléctrica. Los sistemas fotovoltaicos se conectan a las redes de distribución eléctrica por medio de convertidores electrónicos de potencia que actúan como fuentes de corriente. Las estrategias de gestión y control de los convertidores tienen como objetivo inyectar la corriente generada en cada instante. Los avances en estas estrategias de los sistemas que integran la microrred, así como los trabajos que surgen en torno al proyecto solo serán asumibles con una formación avanzada, aunque existen experiencias de integrar trabajos con microrredes en la formación de graduados en ingeniería [7].

De otro lado, el Trabajo de Fin de Grado (en adelante, TFG) supone la realización por parte del estudiante de un estudio en el que se integran y desarrollan todos los contenidos formativos recibidos en el grado que ha cursado. Además, debe estar orientado a la aplicación y evaluación de forma integral de las competencias asociadas al título de Grado que el estudiante realice. Este es el espíritu que el Espacio Europeo de Educación Superior ha introducido en las enseñanzas universitarias españolas en las que esta asignatura es obligatoria[8].

El TFG, a pesar de ser una asignatura más del grado, tiene algunas características que la diferencian del resto entre la que destaca el papel principal del trabajo autónomo del alumnado. Esta asignatura es supervisada por el centro que coordina la titulación de grado y será una comisión académica la que debe velar por que aparezcan suficientes propuestas para que los estudiantes que finalicen el grado puedan realizar el TFG. En la supervisión de estas propuestas estará además la labor de asignar a un tutor que apoye los avances del alumnado en la realización del TFG [9].

En la literatura existen trabajos que analizan la experiencia de los TFG en las universidades españolas [9]–[15]. Hay experiencias que se centran en el proceso de evaluación de las competencias e incluso tratan de diseñar una guía para orientar en el proceso o incluso se elaboran rúbricas de evaluación. Pero, como se ha comentado, el TFG que aparece regulado por el Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, establece, en el Capítulo III dedicado a las enseñanzas oficiales de Grado, que: “Estas enseñanzas concluirán con la elaboración y defensa de un trabajo fin de Grado”, añadiendo en otro apartado que: “El trabajo de fin de Grado tendrá entre 6 y 30 créditos, deberá realizarse en la fase final del plan de estudios y estar orientado a la evaluación de competencias asociadas al título”. No obstante, carece de disposiciones relacionadas con el proceso de elaboración y evaluación que, en consecuencia, estará en la normativa de cada Universidad. En este contexto, cada Facultad o Escuela adapta la normativa general de su Universidad a su idiosincrasia y cada título elaborará una guía docente que permita al alumnado matriculado en la asignatura TFG conocer cómo debe planificar su realización y cómo va a ser evaluado.

En todas estas normativas va a coincidir que el estudiante deberá estar en su etapa final del grado. Por tanto, podrá participar en la resolución de problemas complejos que le permitan aplicar todos los resultados de aprendizaje propios de su grado. En este sentido, se puede plantear que un proyecto de investigación, cuya esencia para ser concedido en concurrencia competitiva, es presentar una propuesta de calidad en la que se participe de la resolución de un reto que dé respuesta a uno de los desafíos de la sociedad e impulse la competitividad y el crecimiento de la economía puede ser un escenario idóneo para la propuesta de TFGs.

En este trabajo se muestra la experiencia en la que se utiliza un Proyecto de investigación en curso para realizar varias propuestas de TFG en la titulación del Grado de Ingeniería en Electrónica Industrial. El objetivo que se plantea es comprobar si esta vinculación a un proyecto de investigación lo hace una propuesta atractiva para el alumnado y si es una solución viable y factible para estimular a los estudiantes de grado en Ingeniería Electrónica Industrial, ya que el estudiante adquiere unas competencias complementarias de iniciación a la investigación que le

completan el perfil profesional y lo adaptan al mercado laboral.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

En esta sección se desea realizar una revisión de las propuestas en las que se han usado las redes eléctricas inteligentes en la educación, así como algunas propuestas que, en su momento, se pudieron considerar como disruptivas en el ámbito de los TFG y que han servido de motivación para que los autores del presente trabajo propongan dos TFGs dentro de un proyecto de investigación.

A. Las redes inteligentes en la educación

Como ya se ha comentado, son muchos los escenarios en los que se trata de dar solución a los problemas de los sistemas energéticos y se trata de incluir en estas soluciones aspectos de sostenibilidad como son la inclusión de la generación de energía mediante energías renovables, así como la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Esto pasa por adaptar el sistema eléctrico a las que se conoce como Redes Eléctricas Inteligentes o Smart Grids (SG)[16]. En estas SG, incorporar la sostenibilidad permite alcanzar los retos de la nueva era energética, pero siempre bajo los principios de la responsabilidad, en un proceso de transición respetuosa y protectora del medioambiente. La tendencia de esta solución es la realización de lo que se conoce como generación distribuida en la que el sistema de generación es capaz de satisfacer las necesidades de consumo energético de ciertas cargas, mediante producción de energía cerca de las mismas, este concepto se conoce con el nombre de microrred [17].

Las Microrredes formarán unas redes de distribución eléctrica que, combinadas con el hardware y software necesario, hagan posibles aspectos como la optimización de consumos eléctricos. En el caso que ocupa el presente trabajo, se dispondrá de una Smart Microgrid que dará como resultado un sistema energético sostenible, eficiente y fiable, con bajas pérdidas y altos niveles de calidad y seguridad de suministro, contribuyendo al ahorro energético.

En el ámbito docente, las Microrredes ofrecen la posibilidad de poder trabajar en áreas como las tecnologías de almacenamiento de energía [18], la electrónica de potencia [19], la generación de energía mediante energías renovables, la transmisión y distribución de la energía eléctrica y los sistemas de control en red [20]. Por este motivo, se han incorporado en la formación del ingeniero [21].

El concepto de microrred, en el que se basa el proyecto de investigación dentro del que se realizan las propuestas de TFG, es un sistema generador de energía descentralizado en el que se van a utilizar energías renovables, en este caso se utiliza energía solar fotovoltaica. A esta arquitectura se unirán los sistemas capaces de realizar un control de los flujos de potencia, así como elementos en los que poder almacenar la energía.

B. Propuestas de TFG innovadoras

Para la realización del TFG, las escuelas de ingeniería en las titulaciones de grado tradicionales suelen ser fieles a la propuesta de la realización de proyectos clásicos de ingeniería. En el caso de los grados, como el relacionado con este trabajo: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial, también se contempla la posibilidad de realizar estudios técnicos o

trabajos teóricos-experimentales que conlleven incluso la elaboración de prototipos [22], [23].

Para la elaboración de las propuestas se sigue la tendencia puesta en marcha en el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) en el que el estudiantado tiene un rol activo en el aprendizaje. La finalidad es capacitar al mismo para su futuro profesional y, por tanto, adquirir conocimientos que lo capaciten para ello. En este escenario, la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP o PBL) constituye una herramienta eficaz para la adquisición de los conocimientos y competencias que la sociedad está demandando a los estudiantes [24], [25]. Hay propuestas de TFGs basados en la aplicación del PBL ya que es una forma muy adecuada para trabajar las competencias profesionales [10].

La propuesta del TFG relacionado con trabajos de investigación que impliquen el montaje de plataformas y equipos de experimentación está relacionado con el PBL. De esta forma, la propuesta del trabajo integra al estudiante en un equipo de trabajo que trata de implementar un diseño, montaje y medidas de un sistema real, liderado por uno o varios profesores. Además, el trabajo es multidisciplinar al participar en las distintas etapas del desarrollo de un proyecto de investigación real.

III. METODOLOGÍA

El TFG supone la realización por parte del estudiante de un proyecto o estudio técnico en el que se integran y desarrollan los contenidos formativos recibidos, y debe estar orientado a la aplicación de las competencias asociadas al título de Grado, por lo que su realización y defensa se realizan en la etapa final del mismo. El TFG debe ser original y, en el caso que aquí ocupa, estar vinculado al ámbito de las tecnologías específicas de la ingeniería en electrónica industrial de naturaleza profesional en el que se sintetizan e integren las competencias, Tabla I, y resultados de aprendizaje adquiridas en las enseñanzas de grado, Tabla II.

TABLA I. COMPETENCIA ASIGNADA AL TFG EN LA TITULACIÓN DEL GRADO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL DE LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN.

Código	Competencia
CTFG1	Ejercicio original a realizar individualmente y presentar y defender ante un tribunal universitario, consistente en un proyecto en el ámbito de las tecnologías específicas de la Ingeniería Eléctrica de naturaleza profesional en el que se sintetizan e integren las competencias adquiridas en las enseñanzas.

TABLA II. COMPETENCIAS Y RESULTADOS DE APRENDIZAJE RELACIONADOS CON EL TFG EN LA TITULACIÓN DEL GRADO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL DE LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN.

Código	Resultados de aprendizaje
R1	Ser capaz de redactar y desarrollar proyectos en el ámbito de la Ingeniería Electrónica.
R 2	Ser capaz de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en campo de la ingeniería de Organización Industrial.
R 3	Ser capaz de manejar especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.

Código	Resultados de aprendizaje
R 4	Ser capaz, en su caso, de analizar y valorar el impacto social, económico y medioambiental de las soluciones técnicas.

En la Escuela Politécnica Superior de Jaén, EPSJ, para la realización del TFG del Grado en Ingeniería electrónica industrial el estudiante deberá estar matriculado en el resto de las asignaturas requeridas para finalizar los estudios. El TFG tiene una asignación de 12 créditos que suponen 300 horas de trabajo, si se tiene en cuenta el trabajo presencial y el autónomo del alumnado. Dicha normativa también establece que el TFG podrá ser entregado y defendido una vez que al estudiante le falten por superar hasta un máximo de 15 créditos de entre las asignaturas restantes del plan de estudios.



Fig. 2. Esquema de la metodología con la que se realiza el TFG.

Las propuestas de TFG que los profesores de la titulación proponen deben estar validadas por la comisión académica del centro. En el caso de este trabajo se han realizado dos propuestas:

- Estudio de los algoritmos de control de la etapa de potencia de una microrred para la generación distribuida basada en energía solar fotovoltaica.
- Estudio de las microrredes para la generación distribuida basada en energía solar fotovoltaica. Modelado y montaje prototipo.

En ambos casos, los estudiantes que han seleccionado la propuesta tendrán que organizar su trabajo autónomo para realizar las siguientes actividades: las sesiones de tutorización individual, en las que se recibe la orientación necesaria para la realización del TFG, introduciéndose de forma detallada los objetivos, contenido, metodologías a aplicar y los requisitos formales y específicos que determinarán la calidad del TFG; también recibirá tutorización y orientación por parte del centro, en la que se aclaran las fechas más importantes a tener en cuenta así como los documentos y formatos de estos que contendrá el TFG; la entrega de documentación que se llevará a cabo una vez se resuelvan los objetivos planteados en cada

propuesta y la defensa del trabajo ante el tribunal propuesto por la comisión académica.

Finalizadas estas actividades, y tras el acto de defensa, el tribunal evaluador tendrá en cuenta el documento presentado, así como la defensa realizada del trabajo para otorgar una calificación a cada uno de los TFGs. En la evaluación se tendrá en cuenta con hasta un 60% de la nota aspectos propios del TFG (claridad en el planteamiento general del trabajo, adecuación de la estructura y del contenido al tipo de trabajo, si el TFG utiliza la bibliografía adecuada y actualizada ... entre otros con). El aspecto formal recibirá hasta un 25% de la nota. Finalmente, los aspectos relativos a la defensa del trabajo recibirán hasta un 15%, valorándose en este punto la claridad en la exposición del trabajo, si se usa un vocabulario adecuado en cada circunstancia y se hace un uso adecuado del léxico técnico cuando es necesario, así como el grado de síntesis y adecuación de la estructura de la exposición entre otros aspectos. Todos estos aspectos de evaluación permiten evaluar todas las competencias y resultados de aprendizaje incluidos en la asignatura.

IV. RESULTADOS OBTENIDOS

En esta experiencia se tienen dos claros resultados. El primero es la implementación de un laboratorio de diseño, desarrollo y demostración docente de una microrred inteligente y activa en la que se están realizando dos TFG. Este sistema permite estudiar la arquitectura de una microrred eléctrica basada en energía solar fotovoltaica, así como la gestión y las principales maniobras de control llevadas a cabo dentro de un contexto microrred de generación distribuida con generación basada en energía solar fotovoltaica y sistemas de almacenamiento Fig. 2. Está constituida por un conjunto de equipos de laboratorio (Fig. 2 (b)) que van a permitir estudiar los diferentes escenarios que se pueden dar en una Microrred real (Fig. 2 (a)). El laboratorio en el que se van a desarrollar los TFGs es una plataforma que podrá integrar diferentes equipos y que actualmente está compuesta por los siguientes elementos en la microrred diseñada:

- Los equipos de control y el convertidor de electrónica de potencia: La interconexión del convertidor se realiza en el laboratorio con dos equipos. De un lado el convertidor de potencia [26] y de otro lado la plataforma de control en tiempo real Speedgoat (DSP/FPGA controlador) [27].

El convertidor de potencia seleccionado está recomendado para la gestión del flujo de Potencia bidireccional. El convertidor está basado en convertidores tipo fuente de tensión, que es un método aconsejado para procesar eficazmente el flujo de potencia en sistemas interconectados. La interconexión de la electrónica de potencia y el sensado de señales se realiza en la microrred con la plataforma de control en tiempo real Speedgoat. De esta forma se puede controlar la electrónica de potencia de la microrred directamente desde la plataforma Matlab/Simulink. La plataforma Speedgoat, compatible con Matlab permite configurar un esquema con los equipos para acceder a la capa de control de la electrónica de potencia de la microrred. El diseño de los algoritmos de control en función de los requerimientos de energía y la gestión de la misma para adecuar exactamente la generación y la demanda de energía eléctrica. Estos controles pueden ser desarrollados de forma rápida gracias al flujo de trabajo de creación rápida de prototipos de control (RCP) que incorpora la Speedgoat. El equipo cuenta con una unidad de proceso multinúcleo y una FPGA de alto rendimiento que junto con el lenguaje de programación que soporta Simulink Real-Time™ permitirá simular diferentes escenarios de funcionamiento.

- Equipo que simula las Energías renovables (Sistema Fotovoltaico). El simulador de sistemas fotovoltaicos permite simular generadores de hasta 5 kW, bajo diferentes condiciones de funcionamiento. El sistema permite estudiar el comportamiento de un generador fotovoltaico en distintas configuraciones y tamaños para adecuar exactamente la generación fotovoltaica a la demanda de energía de una industria o una vivienda.
- Sistema de almacenamiento, se trata de una fuente bidireccional que permite simular baterías de hasta 5 kW y que podrá funcionar como generador en el caso de que se desee aumentar el tamaño y conseguir uno de hasta 10kW.

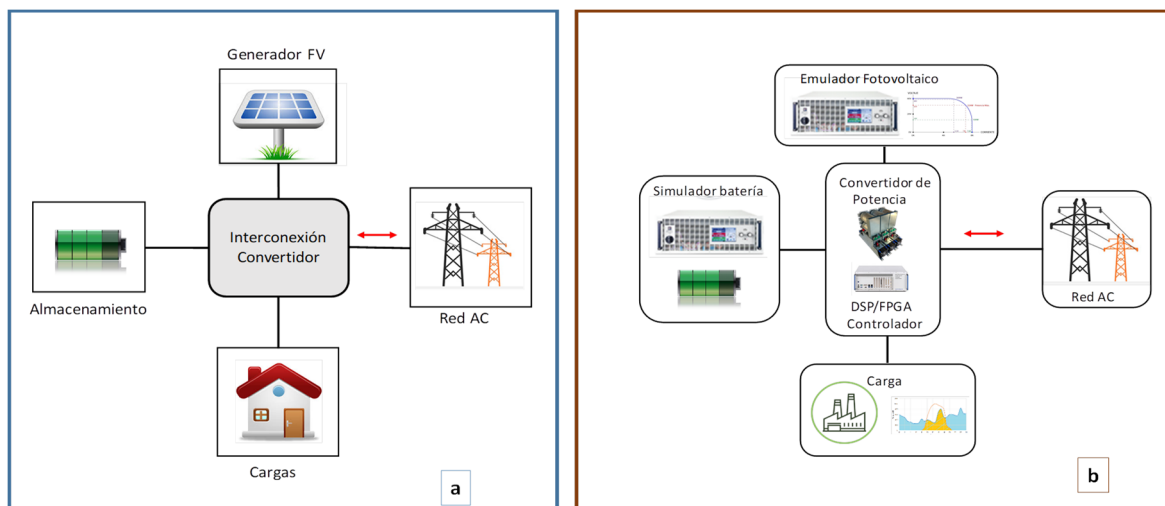


Fig. 2. Esquema de la microrred real (a) y de la construida en el laboratorio (b)

El equipo permite simular baterías de plomo-ácido e ión-litio, configurando sus características eléctricas y químicas para simular el flujo de energía y por tanto su carga o descarga.

El segundo resultado trata de mostrar la visión del estudiante, sobre las temáticas que se proponen como TFG. Para ello se ha realizado un formulario en el que se trata de ver qué opinión tiene el alumnado cuando selecciona el TFG del alumnado, Fig. 2.

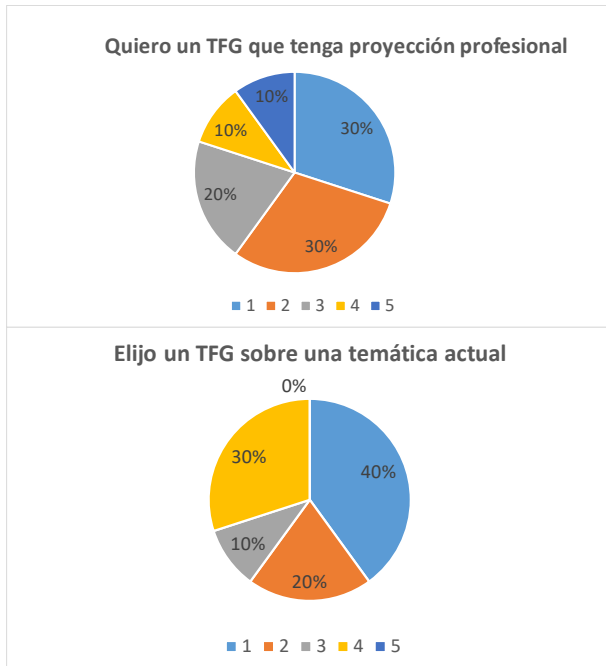


Fig. 3. Respuesta de los estudiantes que realizan TFG durante el curso, al formulario.

En la Fig. 3 se muestra, en la parte de arriba de la figura, como un 60% del estudiantado valora con la puntuación 4 o 5 que ha elegido un TFG pensando en su futuro profesional. Además, en la parte de debajo de la figura se aprecia cómo un 70% de los encuestados otorgan una puntuación de 4 o 5 a que su elección ha sido motivada debido a que la temática en la que iban a trabajar era una temática actual.

Este resultado se completa con la visión que el profesorado tiene sobre los estudiantes, en la que se ve reflejado el progreso de los estudiantes durante la realización del TFG ya que han adquirido competencias de iniciación a la investigación con las que afrontan el diseño de los algoritmos de control más adecuados para el manejo de los circuitos de potencia de los convertidores. Los equipos que integran la microrred combinan conocimientos y contenidos de distintas ramas de la electrónica, como son electrónica de potencia, electrónica digital, sistemas de adquisición de datos, comunicaciones, entre otros. Si a esto se le une la puesta en marcha de equipos de instrumentación avanzada como son los equipos que emulan el comportamiento del generador fotovoltaico y las baterías, convierten a la microrred en un conjunto de equipos multidisciplinares. Todo esto encaja con el entorno de trabajo integrador que debe suponer la realización de un TFG. De esta forma, el estudiante se forma en un tema importante como es la gestión de los flujos de energía de una microrred para la generación distribuida de energía basada en energía solar fotovoltaica. Además, se

observa cómo el desarrollo de sistemas que integran software y hardware para dar solución a un problema real siempre supone una motivación adicional sobre los estudiantes.

V. CONCLUSIONES

El sector energético en general y el eléctrico en particular, deben jugar un papel protagonista y principal en el desarrollo socioeconómico, convirtiéndose en verdaderos motores del cambio hacia un modelo económico sostenible. El sector energético del futuro debe incorporar energías renovables, avances tecnológicos y digitalización en todos sus ámbitos. Por todo ello, las Redes Eléctricas Inteligentes han de desempeñar un papel protagonista y principal.

En la comunicación se ha descrito la experiencia de la realización de dos TFGs dentro de un proyecto de investigación en curso, basado en una microrred inteligente que utiliza energía solar fotovoltaica en la generación eléctrica. Los resultados muestran que el alumno percibe esta propuesta como una oportunidad de formarse en una temática actual y con una proyección profesional que le hará más sencillo su inclusión en el mundo laboral.

Estas propuestas han ayudado a que los estudiantes trabajen en un ámbito multidisciplinar, con plataformas hardware específicas. Esto ha permitido que los estudiantes adquieran destrezas relacionadas con el trabajo con plataformas hardware y el desarrollo software de distintos niveles desde el manejo de librerías hasta el manejo de la interacción con diferentes periféricos. Con lo que se ha permitido al alumnado integrar competencias y conocimientos diversos adquiridos a lo largo del grado.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha estado financiada por la ayuda recibida el marco del Programa Operativo FEDER Andalucía 2014 - 2020, Ref. 1380927 al proyecto: "Contribución al abastecimiento de energía eléctrica en pequeñas y medianas empresas de Andalucía. AcoGED_PYMES" (Autoconsumo fotovoltaico y Generación Eléctrica Distribuida en PYMES). Los autores también desean agradecer el soporte recibido por el Centro de Estudios Avanzados en Ciencias de la Tierra, Energía y Medio Ambiente, CEAITEMA de la UJA.

REFERENCIAS

- [1] MITERD, «Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030», Minist. para la Transic. Ecológica y el Reto Demográfico, Gob. España, p. 25, 2020, [En línea]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.aspx>.
- [2] Noticias Parlamento Europeo, «Medidas de la UE para aumentar la energía limpia y segura | Noticias | Parlamento Europeo». <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/economy/20210930STO13911/medidas-de-la-ue-para-aumentar-la-energia-limpia-y-segura> (accedido mar. 26, 2022).
- [3] N. P. Europeo, «Pacto Verde Europeo: clave para una UE climáticamente neutral y sostenible | Noticias | Parlamento Europeo». <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/priorities/cambio-climatico/20200618STO81513/pacto-verde-europeo-clave-para-una-ue-climaticamente-neutral-y-sostenible> (accedido mar. 26, 2022).
- [4] Comisión Europea, «Un planeta limpio para todos. La visión estratégica europea a largo plazo de una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra», p. 29, 2018, [En línea]. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=EN>.
- [5] «IEA – International Energy Agency». <https://www.iea.org/> (accedido mar. 26, 2022).
- [6] «Proyectos Estratégicos orientados a la Transición Ecológica y a la Transición Digital 2021».

- <https://www.ciencia.gob.es/Convocatorias/2021/Proyectos-Estrategicos-orientados-a-la-Transici-n-Ecol-gica-y-a-la-Transici-n-Digital-2021.html> (accedido mar. 30, 2022).
- [7] B. S. By Bálint Hartmann, István Vokony, István Táci and, «“Project-Oriented Approach in Smart Grid Education”», IEEE Smart Grid Newsletter, 2020, [En línea]. Disponible en: <https://smartgrid.ieee.org/newsletters/october-2020/project-oriented-approach-in-smart-grid-education>.
- [8] D. Universidades, «Real Decreto 1393 / 2007 , de 29 de octubre , por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales . TEXTO CONSOLIDADO», pp. 1-25, 2014.
- [9] P. Freire Esparis, R. Díaz Vázquez, F. Martínez Roget, J. M. Maside Sanfiz, M. L. Del Rio Araujo, y E. Vázquez Rozas, «Valoración del proceso de enseñanza-aprendizaje en el Trabajo Fin de Grado», REDU. Rev. Docencia Univ., vol. 13, n.o 2, p. 323, 2015, doi: 10.4995/redu.2015.5451.
- [10] M. V. M. Fuentes, «Ejemplo de éxito en la implantación de una metodología PBL: de asignatura de grado a TFG», TAEE2018, pp. 144-151, 2018.
- [11] C. G. y F. P. Eduardo Magdaleno, Manuel Rodríguez, «SDSoC como herramienta de codiseño HW/SW para trabajos fin de grado en informática», TAEE2018, pp. 465-472, 2018.
- [12] I. Rekalde Rodríguez, «¿Cómo afrontar el trabajo fin de grado? Un problema o una oportunidad para culminar con el desarrollo de las competencias», Rev. Complut. Educ., vol. 22, n.o 2, pp. 179-193, 2011, doi: 10.5209/rev_RCED.2011.v22.n2.38488.
- [13] E. Técnica y S. De Ingeniería, «Trabajo Fin de Grado Ingeniería de la Energía», 2018.
- [14] M. J. Aramburu, P. García Sevilla, Á. López, y L. Museros, «Integración de las Prácticas Externas y el Trabajo Fin de Grado en Ingeniería Informática», ReVisión, ISSN-e 1989-1199, Vol. 11, No. 1, 2018 (Ejemplar Dedic. a Investig. en Docencia Univ. la Informática), vol. 11, n.o 1, p. 7, 2018, [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6264618>.
- [15] M. J. Bonilla Priego, L. Fuentes Moraleda, C. Vacas Guerrero, y T. Vacas Guerrero, «An analysis of the Final Dissertation Assessment Process in new degrees», Educ. Rev. Educ. en Contab. Finanz. y Adm. Empres., n.o 3, pp. 5-21, 2012, [En línea]. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4156105&info=resumen&idioma=ENG>.
- [16] A. V. Espinosa, C. R. Casas, M. E. Estevez, M. D. R. Lozano, y C. M. Cruz, «Education in smart grids: A perspective from the field of engineering», 2020, doi: 10.1109/TAEE46915.2020.9163735.
- [17] R. Lasseter, A. Akhil, C. Marnay, y J. Ste, «Consortium for Electric Reliability Technology Solutions White Paper on Integration of Distributed Energy Resources The MicroGrid Concept», n.o April, 2002.
- [18] A. N. Akpolat, Y. Yang, F. Blaabjerg, E. Dursun, y A. E. Kuzucuoglu, «Design Implementation and Operation of an Education Laboratory-Scale Microgrid», IEEE Access, vol. 9, pp. 57949-57966, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3072899.
- [19] B. Hoff y W. Sulkowski, «Low power laboratory setup for education in power electronic based microgrids», 2013 15th Eur. Conf. Power Electron. Appl. EPE 2013, 2013, doi: 10.1109/EPE.2013.6634383.
- [20] A. Manur, D. Sehloff, y G. Venkataramanan, «EnerGyan: A Portable Platform for Microgrid Education, Research, and Development», Proc. 2018 IEEE Int. Conf. Power Electron. Drives Energy Syst. PEDES 2018, 2018, doi: 10.1109/PEDES.2018.8707745.
- [21] G. F. Reed y W. E. Stanchina, «Smart grid education models for modern electric power system engineering curriculum», IEEE PES Gen. Meet. PES 2010, pp. 1-5, 2010, doi: 10.1109/PES.2010.5589617.
- [22] «TFG multidisciplinarios.pdf». .
- [23] J. L. M. Sergio Artal, «Desarrollo de un brazo robótico e implementación de una estrategia de control por reconocimiento de gestos mediante Leap Motion», en TAEE2016, 2016, pp. 475-483.
- [24] P. T. Morales y J. M. S. García, «Project-based learning: A university experience», Profesorado, vol. 22, n.o 2, pp. 471-491, 2018, doi: 10.30827/PROFESORADO.V22I2.7733.
- [25] A. M. B. Nicolás y P. R. Ramos, «Investigación-acción y aprendizaje basado en proyectos: Una revisión bibliográfica», Perfiles Educ., vol. 40, n.o 163, pp. 109-122, 2019.
- [26] «Productos para Electrónica de Potencia- Rectificadores Guasch, S.A.» <https://www.e-guasch.com/es/productos/> (accedido mar. 30, 2022).
- [27] «Performance real-time target machine | Speedgoat». <https://www.speedgoat.com/products-services/speedgoat-real-time-target-machines/performance> (accedido mar. 30, 2022).