

# Perspectiva desde el ámbito de la ingeniería para la formación en redes inteligentes

Ángeles Verdejo Espinosa  
Department of Electrical Engineering  
University of Jaen  
mverdejo@ujaen.es  
ORCID 0000-0002-7998-553X

Catalina Rus Casas  
Department of Electronic Engineering  
University of Jaen  
crus@ujaen.es  
ORCID 0000-0002-6982-4054

Macarena Espinilla Estevez  
Department of Computer  
University of Jaen  
mestevez@ujaen.es  
ORCID 0000-0003-1118-7782

María Dolores Ruiz Lozano  
Andalusian Council for Education and  
Science  
mdruilo@decsai.ugr.es  
ORCID 0000-0001-7375-9497

Carmen Martínez Cruz  
Department of Computer  
University of Jaen  
cmcruz@ujaen.es  
ORCID 0000-0002-8117-0647

**Abstract**— La formación en redes inteligentes en el ámbito académico de las disciplinas de ingeniería eléctrica, electrónica, informática, entre otras, se ha convertido en campo de estudio e investigación muy solicitado por el alumnado de Grado y Máster. Cuando se muestra el amplio abanico de áreas y campos de trabajo que ofrecen las Redes Inteligentes surgen ideas, propuestas y trabajos innovadores, sorprendentes y multidisciplinarios. En este trabajo se pretende analizar cómo se aborda la formación en redes y sistemas inteligentes en la Escuela Politécnica Superior de Jaén y se exponen propuestas para ampliar y complementar dicha formación.

**Keywords**—Redes Inteligentes, Smart Grids, entornos inteligentes, docencia en grado y máster, innovación docente

## I. INTRODUCCIÓN

La formación en redes inteligentes (RI), en inglés Smart Grids (SG) engloba un contexto amplio de disciplinas y áreas y se está experimentando una reestructuración impulsada por las necesidades de una profesión multidisciplinar [1]. Las infraestructuras eléctricas y energéticas requieren de mayor control, sistemas de sensores, monitorización, automatización y las RI requieren un espacio formativo integral desde los centros de investigación y universidades. Se requieren equipos multidisciplinarios y revisión de las guías docentes para adaptarlas al mundo cambiante y tecnológico al que nos enfrentamos. [2]

Además de la estricta formación de títulos oficiales, existen una variedad de cursos, posgrados y programas que ofrecen información y especialización sobre RI. Desde hace 5 años, a través de los Planes de Divulgación Científica y la Unidad de Cultura Científica y de la Innovación de la Universidad de Jaén (UCCi-UJA), se planificó un curso sobre “Redes Inteligentes para una sociedad tecnológica, sostenible y humana” [3].

La idea de este curso, que se planteó como una conferencia de divulgación científica fue la de acercar al público general, no sólo a alumnado de ingenierías o máster, el conocimiento sobre la estrategia de diseño, innovación e investigación de RI. Debido a la aceptación que tuvo el interrelacionar un aspecto de alta tecnología e ingeniería con la sociedad y la humanización de los avances tecnológicos. Así, se planteó en acercarlo al alumnado de grados de ingeniería eléctrica y dobles grados eléctrico-electrónicos y eléctrico-mecánicos e informáticos, además de a alumnado de la asignatura de máster de arquitectura e ingeniería y otras. [4]

La formación en RI se ha convertido en un tema introductorio, con contenido teórico y práctico en las

asignaturas de Accionamientos Eléctricos y Electrónica de Potencia, Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión, Eficiencia y Ahorro Energético, Área de Ingeniería y Arquitectura, TFG y TFM, entre otras.

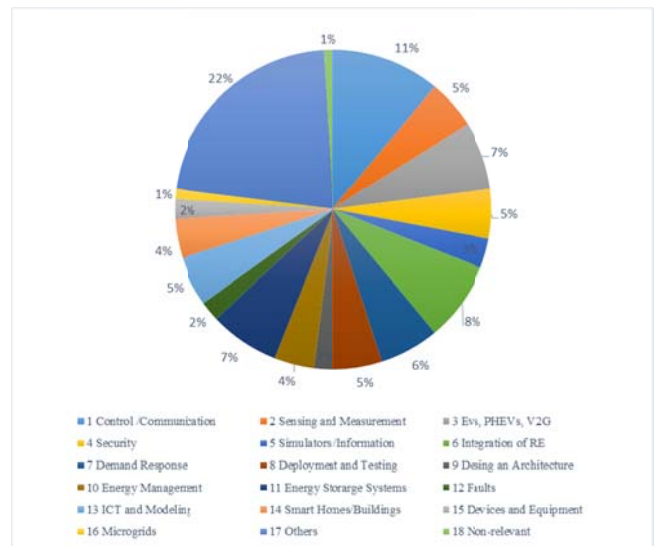


Fig. 1. Investigación de tecnologías Smart Grid. Tuballa, 2016 [24]

Con este trabajo se pretende visibilizar la incidencia de la formación en RI en los estudios de grado en ingeniería en la Universidad de Jaén, concretamente en la Escuela Politécnica Superior (EPSJ), en algunas de las disciplinas en las que más inciden las investigaciones e implementaciones en RI: ingeniería eléctrica, electrónica industrial e informática. Analizaremos las guías docentes y memorias de grado para encontrar sinergias en los contenidos relacionados con las RI. Una vez analizada la incidencia de esta formación, propondremos algunas estrategias y propuestas de mejora para amplificar dicha formación en las disciplinas y grados que se han examinado.

Según las fuentes analizadas, en el campo de investigación, desarrollo, innovación en RI es primordial aunar esfuerzos y equipos multidisciplinarios [6]. Desde el ámbito educativo, debemos apostar por estos retos para la sociedad cuánto antes [7][8][9][10][11]. La evolución de los sistemas de energía a las redes inteligentes tiene implicaciones importantes para la educación universitaria y en la realización de su desarrollo curricular y también para el progreso social y el impacto de la tecnología como vector de mejora de la vida de las personas [12] [13].

Además de la inclusión progresiva en programas formativos oficiales y de grado, se debe planificar un conjunto de cursos de pregrado y postgrado a profesorado y alumnado con el objetivo de adaptar la evolución natural de la tecnología y dispositivos integrados en las RI. Algunos de estos cursos y seminarios se han realizado bajo numerosos proyectos europeos en la Universidad de Jaén [14] [15].

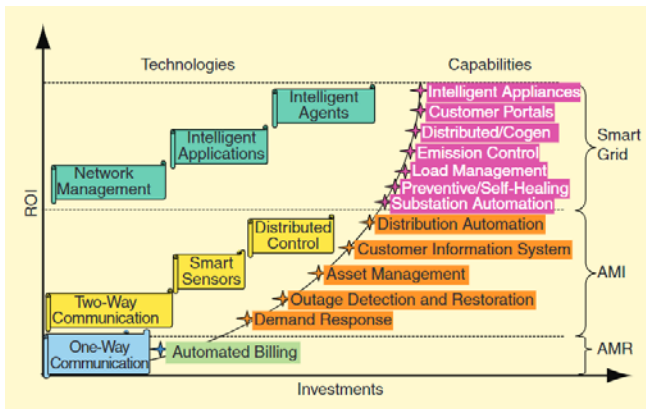


Fig.2. Smart Grid model. Fte: Hassan Farhangi. 2010. [16]

En la figura 2 podemos ver uno de los modelos de arquitectura de RI en el que integra de forma mallada tanto los aspectos de diseño eléctrico-electrónico de los componentes y dispositivos de la red, cómo los elementos que implementan las tecnologías informáticas y de automatización y monitorización, tales como sensores, redes inalámbricas, etc [16].

Según Pedro Ponce, en su análisis del sistema educativo y la RI, en la formación se debe estar expuesto a un marco metodológico en el que todas las consultas se analicen de manera efectiva, revisadas y mejoradas y posteriormente se propone a profesorado los cambios y mejoras y se insta a los estudiantes a confiar en una metodología similar a la investigación para evaluar las propuestas de manera sistemática y discutir sus hallazgos, cómo parte del trabajo de un equipo de investigación [17].

Este artículo está organizado de la siguiente forma: en la Sección I se realiza la introducción y análisis sistemático de la literatura, en la Sección II se describe la metodología, en la Sección III se exponen los análisis que sobre las RI se están realizando en la EPSJ, en la Sección IV se explican los resultados obtenidos y las propuestas.

## II. METODOLOGÍA

En la conferencia internacional sobre Smart Grids for Smart Cities [18], celebrada en Bélgica en 2018, se expusieron los indicadores sobre la interrelación y la convergencia de las infraestructuras de datos y energía que permitirá diseñar una vida mejor para la ciudadanía en las ciudades inteligentes.

Las redes inteligentes demuestran ser un facilitador real de tales ciudades, al integrar una alta penetración de energía renovable, facilitar el transporte eléctrico, permitir edificios inteligentes y empoderar al usuario final en la escena energética; creando un estilo de vida sostenible para el ciudadano del siglo XXI con conciencia ecológica.

En las conclusiones de la conferencia [18] se puso de manifiesto que todos los esfuerzos en el diseño, arquitectura e investigaciones en RI serán en vano si no se construye e

implementan todas estas transiciones y transformaciones hacia prospectivas de nivel industrial, académico y político.

Es una evidencia que el nivel académico es un punto clave para que se lleve a cabo alcanzar los objetivos. Este hecho, nos ha llevado a proponer este trabajo de análisis del índice de penetración del conocimiento y avances en RI en tres grados de ingeniería en la Universidad de Jaén.

La selección de estos tres títulos viene motivada por el hecho de que se han analizado diversas fuentes de información y en la mayoría de ellos se centran en las disciplinas de energía, ingeniería eléctrica-electrónica e informática [19][20][21].

En algunas de las fuentes referenciadas se analizan los principales retos futuros en el ámbito de la educación tecnológica, los cuales consideran diferentes ejes: técnico, económico, social y político. Todos ellos estructurados bajo el paraguas de la eficiencia energética, redes inteligentes y sistemas de energía, e integración de energías renovables [22].

Se han analizado diversas fuentes de la base de datos WOS, para filtrar trabajos y estudios con el objeto de determinar los indicadores que ayuden y orienten sobre las áreas de estudio más relevantes. Así, se han obtenido los datos que se observan en la figura 3. Como podemos observar, las principales áreas en las que se analiza la educación universitaria en RI son: Investigación Educativa, Ingeniería, Combustibles energéticos y Ciencias de la computación.

Con este filtrado, hemos extraído cuáles son los indicadores clave que se tienen en cuenta de forma más frecuente en la Educación Universitaria en RI, para trasladarla a la búsqueda que hemos realizado en la metodología propuesta con el fin de extraer posteriormente conclusiones relevantes.

RESEARCH AREAS	Number of Sources	%
Education Educational Research	31	100,00%
Engineering	30	96,77%
Energy Fuels	14	45,16%
Computer Science	10	32,26%
Physics	5	16,13%
Automation Control Systems	3	9,68%
Instruments Instrumentation	3	9,68%
Telecommunications	3	9,68%
Communication	1	3,23%
Environmental Sciences Ecology	1	3,23%
Material Science	1	3,23%
Mathematics	1	3,23%
Mechanics	1	3,23%
Optics	1	3,23%
Public Administration	1	3,23%

Fig. 3. Porcentaje de áreas en Educación Universitaria en RI. Fte.: WOS.2020.

Analizaremos por lo tanto aquellas áreas y títulos que engloben las ingenierías industriales de electricidad,

electrónica y la ingeniería informática. Los filtros de búsqueda son:

- Redes Inteligentes (Smart Grids)
- Internet de las Cosas (IoT)
- Redes Inalambricas
- Sensores
- Actuadores
- Domótica/Inmótica

Se revisarán las Guías Docentes del curso académico 2019-2020 de la ESPJ-UJA y se analizarán también las Memorias de Grado, para obtener unos datos globales de los contenidos de las asignaturas ofertadas.

### III. ANÁLISIS DE LA FORMACIÓN EN RI EN LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN

En esta sección, analizamos las asignaturas de grados y máster de las áreas de ingeniería eléctrica, electrónica e informática de la EPSJ de la UJA. Revisaremos los temarios y documentación a través de las guías docentes oficiales, las cuales se encuentran publicadas en [19][20][21].

Se han filtrado las asignaturas para obtener resultados en los cursos 3º y 4º de grado, ya que en esos niveles se exponen las asignaturas específicas y orientadas a la profesionalización de cada una de las áreas.

Respecto a la rama industrial, los dos primeros cursos de grado son comunes estando integrados por asignaturas básicas comunes a todas las ramas de la Ingeniería y propias de la Ingeniería Industrial. Los dos cursos restantes contienen las asignaturas específicas de cada especialidad.

Con el objeto de comprobar si se están impartiendo contenidos sobre RI en las asignaturas analizadas, se analizarán las guías docentes extraídas de la publicación web de la Universidad de Jaén.

En las siguientes subsecciones, se presenta el marco de análisis de cada una de las disciplinas bajo estudio.

#### A. Grado en Ingeniería Eléctrica (GIE) EPSJ-UJA.

En esta sección realizamos la descripción desde el Grado en Ingeniería Eléctrica (GIE), el cual habilita para ejercer la profesión regulada de Ingeniero Técnico Industrial especialidad en Electricidad y está acreditado por la European Network for the Accreditation of Engineering Education (ENAE) a través de la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) con el sello internacional de calidad EUR-ACE. [19][22]

En la Tabla 1 se observa que en las 24 asignaturas analizadas en el GIE de la EPSJ-UJA para el curso académico 2019/2020, sólo en una de ellas se menciona alguna de los descriptores bajo estudio y que tienen relación con el contexto de RI, Sensores, Domótica, etc.

En ninguna de las otras asignaturas se abordan estos contenidos sobre redes inteligentes o sus indicadores y análisis. El desarrollo del concepto de un hogar inteligente requerirá la integración de varias tecnologías de ingeniería eléctrica e informática, energía, comunicación, computación y control. Más específicamente, las tecnologías de respuesta a la demanda, operación del mercado eléctrico, aprendizaje automático, reconocimiento de patrones, red de sensores inalámbricos, diseño de interfaz de usuario web, diseño de circuitos y administración de bases de datos serán necesarias en varias extensiones para redes inteligentes.

TABLA 1. ASIGNATURAS DEL GIE-EPSJ-UJA. CONTENIDOS SOBRE REDES INTELIGENTES O ENTORNOS INTELIGENTES

ASIGNATURAS GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA (GIE)			
3º Curso	Créditos	Contenidos RI	Contenidos Entornos Inteligentes
Regulación Automática	6		
Máquinas Eléctricas I	6		
Instalaciones Eléctricas Baja Tensión	6	⊗	⊗
Fundamentos de Tecn. Medioambiental	3		
Circuitos	9		
Máquinas Eléctricas II	6		
Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión	6		
Accionamientos Eléctricos y Electrónica P.	9		
4º Curso			
	Créditos		
Sistemas Eléctricos de Potencia	6		
Proyectos	6		
Centrales Eléctricas I	6		
Trabajo Fin De Grado	12		
Centrales Eléctricas II	6		
Optativas			
	Créditos		
Topografía y Construcción	6		
Matemáticas para Ing. Eléctrica	6		
Instalaciones Fotovoltaicas	6		
Generación de Energ. Eléctrica con Energías Renovables	6		
Prácticas Externas	12		
Tecnología Eléctrica de los Sist. Fotovoltaicos	6		
Tecnología de la Iluminación	6		
Recursos Hidroeléctricos	6		
Protecciones Eléctricas	6		
Eficiencia y Ahorro Energético	6		
Convertidores de Potencia	6		
Automatización de Sist. Eléctricos	6		
<b>Créditos Ofertados en 3º y 4º Curso</b>	<b>165</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

La evolución de los sistemas de energía a las redes inteligentes tiene implicaciones importantes para la educación universitaria [6].

Una vez analizadas las asignaturas, procedemos a leer y revisar las Memorias de Grado del Título, publicadas y homologadas por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte según la norma Orden CIN/351/2009, de 9 de febrero, BOE de 20 febrero de 2009 y firmada en diciembre de 2015 por la Universidad de Jaén [19].

En la Memoria de Grado del Título de GIE sólo aparece una referencia sobre el término “sensores”, dentro de los contenidos de la asignatura de Electrotécnica, en la página 39 de la memoria [19]. Esto nos indica que el papel de las RI en los contenidos formativos en el GIE es escaso y en este trabajo se proponen algunas mejoras que podrían implementarse para amplificar la formación en esta temática multidisciplinar.

### B. Grado en Ingeniería Electrónica Industrial (GIEI) EPSJ-UJA.

En este apartado se revisan los contenidos en RI y sus variantes, en las asignaturas de 3º y 4º curso del Grado en Ingeniería Electrónica Industrial (GIEI) de la EPSJ-UJA. El alumnado adquiere formación en Tecnología Electrónica y Automática Industrial y abarca lo referente a la integración de sistemas electrónicos en la industria, el control y la automatización de los procesos de producción, robótica, microprocesadores, comunicaciones industriales, sensorización, instrumentación y programación industrial [20].

Las menciones en el GIEI que puede elegir el alumnado son tres :

- Sistemas Electrónicos
- Automática
- Sistemas Fotovoltaicos

Como se detalla en la Tabla 2, existen 6 asignaturas, de las 24 analizadas, en las que se aborda la temática de RI, sensores, domótica en los contenidos de las guías docentes examinadas. Encontramos asignaturas como Informática Industrial, Ingeniería de Control y Automática Avanzada dentro del curso 3º del grado.

En cuanto a las asignaturas optativas, son en las que más se estudian los indicadores bajo estudio, aunque debemos indicar que estos contenidos son opcionales y no aseguramos que todo el alumnado los curse.

Estas asignaturas son: Robótica Industrial, Sistemas de Percepción Industrial y Aplicación de la Automatización en Edificios

Según la Tabla 2, el número de créditos ofertados en la titulación del GIEI de la EPSJ-UJA es de 174 y el número de créditos en los que aparecen los indicadores bajo estudio son 36 créditos. Debe indicarse que las asignaturas obligatorias son indicativas de los créditos formativos que se imparten a todo el alumnado de cada especialidad, siendo las asignaturas optativas variables.

Una vez analizadas las asignaturas, procedemos a leer y revisar las Memorias de Grado del Título, publicadas y homologadas por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte según la norma Orden CIN/351/2009, de 9 de febrero, BOE de 20 febrero de 2009 y firmada en diciembre de 2015 por la Universidad de Jaén [20].

En la Memoria de Grado del Título de GIEI aparecen los siguientes términos:

- “*Domótica*”, se indica entre los contenidos de la asignatura de la asignatura optativa de “Aplicación de la automatización en edificios”.
- “*Sensores*”, es la palabra que más aparece en la memoria.
- “*Sistemas Inteligentes*”, en algunas asignaturas optativas
- “*Programación*”, que aparece sobre todo en las materias de robótica y automatización.

Mediante el análisis de la terminología que se ha realizado en las guías docentes evaluadas, se puede extraer

información sobre los contenidos impartidos en RI en los grados.

TABLA 2. ASIGNATURAS DEL GIEI-EPSJ-UJA. CONTENIDOS SOBRE REDES INTELIGENTES O ENTORNOS INTELIGENTES

ASIGNATURAS GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL (GIEI)			
3º Curso	Créditos	Contenidos RI	Contenidos Entornos Inteligentes
Introducción a los Sistemas Fotovoltaicos	6		
Informática Industrial	6		⊗
Fundamentos de Tecnología Medioambiental	3		
Electrónica Analógica	6		
Electrónica Digital	9		
Sistemas Analógicos	6		
Instrumentación Electrónica	6		
Ingeniería de Control	6		⊗
Electrónica de Potencia	6		
Automática Avanzada	6		⊗
<b>4º Curso</b>			
Electrotecnia Avanzada	6		
Control por Computador	6		
Proyectos	6		
Trabajo Fin De Grado	12		
<b>Optativas</b>			
Robótica Industrial	6		⊗ ⊗
Sistemas de Adquisición De Datos	6		
Programación	6		
Instalaciones Fotovoltaicas	6		
Prácticas Externas	12		
Tecnología Electrónica y Desarrollo de Prototipos Electrónicos	6		
Tecnología de los Sistemas Fotovoltaicos	6		
Sistemas de Percepción Industrial	6		⊗
Sistemas Digitales	6		
Microelectrónica	6		
Gestión y Mantenimiento de Sistemas Fotovoltaicos	6		
Electrónica Aplicada a Sistemas Fotovoltaicos	6		
Aplicación de Automatización en Edificios	6		⊗ ⊗
<b>Créditos Ofertados en 3º y 4º Curso</b>	<b>174</b>		<b>36</b>

### C. Grado en Ingeniería Informática (GII) EPSJ-UJA.

En esta sección, analizamos el Grado en Ingeniería Informática (GII) que se imparte en la ESPJ de la Universidad de Jaén. Este grado capacita para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico en Informática, tal como se establece en el Acuerdo de Consejo de Universidades de 13 de marzo de 2009 (BOE 4/8/2009).

Tiene como objetivo formar profesionales en Informática con una visión global de la tecnología que les permita analizar, diseñar, desarrollar e implantar sistemas informáticos en distintos entornos y situaciones, adaptándose a los cambios y a las innovaciones tecnológicas.

En la Universidad de Jaén, este grado está acreditado por la European Assurance Network for Informatics Education (EQANIE) a través de la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) con el sello internacional de calidad Euro-INF. [21]

El Grado cuenta con tres especialidades:

- Ingeniería del software
- Sistemas de información
- Tecnologías de la información

El título GII se clasifica en 4 Menciones en las que la formación en RI se distribuye en los bloques siguientes:

- Informática Empresarial
- Tratamiento Inteligente de la Información
- Sistemas Gráficos
- Técnicas para la Información y la Comunicación

Una vez analizadas las asignaturas, procedemos a revisar las Memorias de Grado del Título, publicadas y homologadas por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, de conformidad con el Real Decreto 1393/2007, por el que se establece la ordenación de las Enseñanzas Universitarias Oficiales y firmada en diciembre de 2015 por la Universidad de Jaén. [21].

En la Memoria de Grado del Título de GII aparecen los siguientes indicadores:

- “Sistemas inteligentes”, “tratamiento inteligente”, se repiten en numerosas ocasiones en la memoria.
- “Sensores” se enuncia en varias ocasiones.
- “Internet” aparece en numerosas ocasiones, pero no así “Internet de las cosas (IoT), que no aparece en el texto.

El GII de la EPSJ-UJA es uno de los que inciden tanto en sus memorias de grado como en las asignaturas y guías docentes revisadas en el contexto y análisis de RI. No obstante, aún queda mucho para poder introducir de forma multidisciplinar y transversal con otros grados y disciplinas de la misma institución la visión global de las RI y de una transversalidad integral para lograr los objetivos en materia de transición energética y desarrollo sostenible.

De los 294 créditos ofertados en el GII se ofrecen 78 créditos en materias relacionadas con el estudio y análisis de las RI. En algunas materias su integración en el contexto del temario y de la guía docente es bastante amplio, ofreciendo una formación completa sobre algunos de los parámetros que estamos analizando en este trabajo.

Se observa que el concepto RI no aparece integrado en prácticamente ninguna asignatura, guía docente o memoria de grado de las tres disciplinas académicas analizadas, siendo esto un inequívoco elemento de análisis y evaluación para los procesos futuros de planificación de las enseñanzas superiores universitarias.

Así mismo, los contenidos específicos relacionados con las RI, en cualquiera de sus ámbitos, se concentran fundamentalmente en las asignaturas optativas. Esta es una tónica que se repite en todos los grados analizados y nos muestra que dicha formación no forma parte de la

planificación de la enseñanza obligatoria sino que se adapta en la optatividad.

TABLA 3. ASIGNATURAS DEL GII-EPSJ-UJA. CONTENIDOS SOBRE REDES INTELIGENTES O ENTORNOS INTELIGENTES

ASIGNATURAS DEL GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA (GII)			
3º Curso	Créditos	Contenidos RI	Contenidos Entornos Inteligentes
Metaheurísticas	6		⊗
Interacción Persona-Ordenador	6		⊗⊗
Informática Gráfica y Visualización	6		
Gestión y Administración Bases de Datos	6		
Gestión y Control de Proy. Informáticos	6		
Sistemas Multiagente	6		
Sistemas Multimedia	6		⊗
Tecnologías Basadas en la Web	6		⊗
Sistemas Inteligentes de Información	6		⊗
Sistemas de Inform. el Negocio Electrónico	6		⊗
Sistemas de Recuperación de Información	6		
Sistemas de Información Basados en Web	6		
Procesamiento de Información Visual	6		
Ingeniería de Requisitos	6		
Desarrollo de Software para Dispos.Móviles	6		
Desarrollo de Aplicaciones Web	6		
Desarrollo Ágil	6		
Calidad del Software	6		
Bases de Datos Distribuidas	6		
Auditoría Informática	6		
<b>4º Curso</b>			
Tecnologías para la Gest de la Información	6		
Sistemas de Información Espacial	6		
Redes e Infraestructuras de Comunicaciones	6		⊗⊗
Sistemas de Ayuda a la Decisión	6		
Minería de Datos	6		⊗
Gestión de Proyectos Software	6		
Diseño de Software	6		
Diseño e Implantación de Servidores	6		
Desarrollo de Aplicaciones Empresariales	6		
Trabajo Fin de Grado	12		
<b>Optativas</b>			
Sist. Información para Decisiones Estratégicas	6		⊗
Programación de Aplicaciones Gráficas	6		⊗
Prácticas Externas	12		
Microprocesadores y Microcontroladores	6		⊗
Ejercicio Profesional de la Informática	6		
Diseño de Modelos de Simulación	6		
Web Semántica y Social	6		
Técnicas Animación 3D y Post-Procesamiento	6		
Técnicas Avanzadas de Seguridad	6		
Protocolos de Soporte a Aplic.Multimedia	6		
Minería Web	6		
Programación Hardware	6		⊗⊗
Procesamiento del Lenguaje Natural	6		
Inteligencia Ambiental	6		⊗⊗
Desarrollo de Videojuegos	6		
Creación de Empresas Basadas en TIC	6		
Algoritmos Geométricos	6		
<b>Créditos Ofertados en 3º y 4º Curso</b>	<b>294</b>		<b>78</b>

## FORMACIÓN EN REDES INTELIGENTES

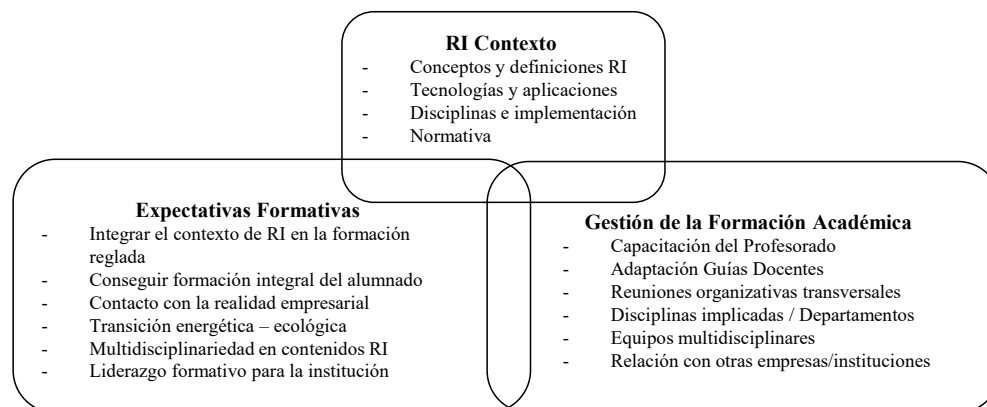


Fig. 4. Panorama didáctico de la red inteligente y sus características.

## IV. RESULTADOS Y PROPUESTAS

En este trabajo se ha realizado un análisis de la formación en RI que se desarrolla a través de las guías docentes de las asignaturas de 3º, 4º y optatividad, en los Grados: GIE, GIEI y GII, en la EPSJ, de la Universidad de Jaén.

La pretensión del trabajo es la de proporcionar en primer lugar una visión de la formación en RI a través de los programas académicos en el curso 2019/2020 y aportar propuestas y mejoras que puedan completarla formación en futuros cursos.

Se ha realizado un análisis cuantitativo y los resultados se exponen en la Tabla 4, en cuanto al número de créditos ofertados totales y el porcentaje extraído en cuándo a la formación en RI.

TABLA 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS CUANTITATIVOS

RESULTADOS SOBRE CONTENIDOS EN REDES INTELIGENTES - EPSJ-UJA	Créditos Ofertados	Créditos RI	%
<b>GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	<b>165</b>	<b>12</b>	<b>7,3%</b>
Asignaturas Obligatorias	87	6	6,9%
Asignaturas Optativas	78	6	7,7%
<b>GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL</b>	<b>174</b>	<b>36</b>	<b>20,7%</b>
Asignaturas Obligatorias	90	18	20,0%
Asignaturas Optativas	84	18	21,4%
<b>GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA</b>	<b>294</b>	<b>78</b>	<b>26,5%</b>
Asignaturas Obligatorias	186	48	25,8%
Asignaturas Optativas	108	30	27,8%

Se ha realizado así mismo un análisis cualitativo a través de las fuentes consultadas y que se especifican en la metodología, para ello hemos extraído algunos indicadores y propuestas que se exponen a continuación y con las que se pretende mejorar la formación en RI en los grados examinados en la EPSJ.

En la figura 4 se ha adaptado el trabajo de Ponce a la formación en RI en la EPSJ, para contextualizar la mecánica formativa de la institución. Como se observa en la figura, según las fuentes consultadas, podemos ofrecer un panorama formativo integral en RI teniendo en cuenta el contexto y su implementación, la gestión de la formación académica y la visualización de las expectativas formativas que se pretenden [17].

Se han analizado las memorias de los títulos de grado en ingeniería eléctrica, electrónica industrial e informática de la EPSJ – UJA, con el objeto de encontrar contenidos sobre el papel de las RI, IoT, sensores, domótica, redes inalámbricas y otras [19][20][21][22]

Así mismo, se ha estudiado a través de distintas fuentes, si en el diseño educativo del siglo XXI, en el que las RI y su implementación en la sociedad y la formación de profesionales en los sectores de ingeniería es o no relevante a través de los currículums académicos [23] [24][25]

Se ha ofrecido en este trabajo una visión para revisar si las RI tienen el suficiente peso en los contenidos académicos de la formación universitaria en la EPSJ, de la Universidad de Jaén, en los grados analizados. Por todo ello, entre los resultados obtenidos del análisis, que se pueden observar en las Tablas 1,2 y 3 de este trabajo, obtenemos los siguientes resultados cuantitativos:

1. El término RI sólo aparecen en el contenido de dos asignaturas en el GIE. Encontramos únicamente la referencia en 12 créditos de los 165 créditos ofertados en el grado. (Tabla 1)
2. Los términos relacionados con Entornos Inteligentes, tales como Sensores, Sistemas Inteligentes, Domótica/Inmótica, Redes Inalámbricas, etc, aparecen en 36 de los 174 créditos ofertados en el grado GIEI, un 20%. (Tabla 2)
3. En el grado GII, se mencionan en 74 créditos de los 294 ofertados, términos como sensores, sistemas inteligentes, entornos inteligentes, redes inalámbricas, domótica/inmótica, entre otros. Un 25,2%. (Tabla 3)

Finalmente, podemos concluir indicando que la formación integral y multidisciplinar es cada vez más demandada por la sociedad y las empresas. Desde la formación universitaria se debe apostar por contactar con los requerimientos sociales, económicos, estratégicos y humanos para abordar los retos del siglo XXI [26] [27].

En este trabajo se ha ofrecido una visión localizada en un programa formativo concreto y se han analizado algunas de las memorias formativas y guías docentes para ofrecer una visión global de la interrelación de algunos grados de ingeniería con el contexto estratégico de los estudios en RI

en general y los estudios en sistemas inteligentes, IoT, redes inalámbricas, sensores y otros en particular [28] [29] [30].

En los grados de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica Industrial se ofrece una formación en RI relacionada con la automatización de edificios, robótica, control de máquinas, informática aplicada a la ingeniería. Todos estos parámetros están relacionados con sistemas de inteligencia que tienen una relación estrecha con sensores y programación.

En el grado de GII la formación en RI se relaciona en general con programación software, inteligencia ambiental, programación con sensores, monitorización, etc.

Por todo ello, y según los análisis detallados, a continuación se realizan las siguientes propuestas para adecuar la integración formativa sobre RI en la formación en ingeniería.

#### a) Adaptación curricular del profesorado implicado

Es esencial que el profesorado que imparta contenidos de ingeniería en las áreas que abarcan las redes inteligentes esté formado y logre la inclusión de las temáticas transversales a sus asignaturas. De esta forma el alumnado y también los futuros diseños y avances en tecnologías de RI serán más ágiles y provendrán muchos de ellos de una formación *curricular*.

#### b) Gestión de la Formación Académica en RI

Desde las instituciones ofrecerán formación integral para lograr una adaptación a los cambios tecnológicos y climáticos en las materias de ingeniería. De forma multidisciplinar se realizará:

- Capacitación del profesorado
- Adaptación de las guías docentes
- Reuniones organizativas transversales
- Implicar a departamentos y grupos de investigación
- Realizar equipos multidisciplinarios
- Revisar las relaciones externas para la mejora continua

#### c) Expectativas formativas que se pretenden conseguir

Se pretende integrar de forma efectiva y obtener resultados a corto plazo, uno o dos cursos académicos. Para ello, se persiguen los siguientes objetivos:

- Integrar el contexto RI en formación reglada de la institución
- Conseguir la formación integral del alumnado/profesorado implicado
- Mantener el contacto con la realidad empresarial/institucional del entorno.
- Formar para una visión general de la transición energética-ecológica
- Ofrecer contenidos multidisciplinarios sobre RI
- Conseguir el liderazgo para la institución y adecuar la realidad tecnológica a la realidad formativa.

### Agradecimientos

- o Funding for this research is provided by the EU 2020 Pharaon Project (Pilots for Healthy and Active Aging) under grant no. 857188. Additionally, by action 1 of the University of Jaén under code EI TIC1\_2019 and research project RTI2018-098979-A-I00.
- o Spanish Government by the project RTI2018-098979-A-I00

### REFERENCIAS

- [1] G. Verbič, C. Keerthisinghe and A. C. Chapman, "A Project-Based Cooperative Approach to Teaching Sustainable Energy Systems," in *IEEE Transactions on Education*, vol. 60, no. 3, pp. 221-228, Aug. 2017
- [2] Duderstadt J.J. (2010) Engineering for a Changing World. In: Grasso D., Burkins M.B. (eds) Holistic Engineering Education. Springer, New York, NY
- [3] Universidad de Jaén. Plan de Divulgación Científica y de la Innovación 19/20. (2019)
- [4] Ángeles Verdejo. Área de ingeniería y arquitectura. Guía docente 2019-2020. Universidad de Jaén.
- [5] M. Ilić, "Teaching smart grids: Yet another challenge and opportunity for transforming power systems curriculum," IEEE PES General Meeting, Providence, RI, 2010, pp. 1-2
- [6] Q. Hu, F. Li and C. Chen, "A Smart Home Test Bed for Undergraduate Education to Bridge the Curriculum Gap From Traditional Power Systems to Modernized Smart Grids," in *IEEE Transactions on Education*, vol. 58, no. 1, pp. 32-38, Feb. 2015
- [7] Anuradha M. Annaswamy; Massoud Amin, "IEEE Vision for Smart Grid Controls: 2030 and Beyond," in *IEEE Vision for Smart Grid Controls: 2030 and Beyond*, vol., no., pp.1-168, 20 June 2013
- [8] Faza, A., Batarseh, M., & Abu-Elhajja, W. (2017). Upgrading power and energy engineering curricula in Jordanian universities: a case study at PSUT. *The International Journal of Electrical Engineering & Education*, 54(1), 57–81. <https://doi.org/10.1177/0020720916673648>
- [9] McKenna, A. F., Hynes, M. M., Johnson, A. M., & Carberry, A. R. (2015 online first). The use of engineering design scenarios to assess student knowledge of global, societal, economic, and environmental contexts. *European Journal of Engineering Education*, 1-15.
- [10] M. Gordon and M. Shahidepour, "A Living Laboratory [The Business Scene]," in *IEEE Power and Energy Magazine*, vol. 9, no. 1, pp. 18-98, Jan.-Feb. 2011.
- [11] A. S. Deese, "Development of Smart Electric Power System (SEPS) Laboratory for Advanced Research and Undergraduate Education," in *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 30, no. 3, pp. 1279-1287, May 2015
- [12] Macarena Espinilla, Vladimir Villarreal, Ian R. McChesney: Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence - UCAMI. *Sensors* 19(18): 4034 (2019)
- [13] Macarena Espinilla, Chris D. Nugent: Computational Intelligence for Smart Environments. *Int. J. Comput. Intell. Syst.* 10(1): 1250-1251 (2017)
- [14] Macarena Espinilla, Luis Martínez, Javier Medina, Chris D. Nugent: The Experience of Developing the UJAMI Smart Lab. *IEEE Access* 6: 34631-34642 (2018)
- [15] Ángeles Verdejo, "Smart grids, redes eléctricas inteligentes para una sociedad tecnológica, sostenible y humana". Seminario científico. Fundación española para la ciencia y la tecnología y Universidad de Jaén, 2018.
- [16] Farhangi, H. (2010). El camino de la red inteligente. *IEEE Power and Energy Magazine*, 8 - 17 (21)
- [17] Ponce, P., Ibarra, L., Mata, O., & Molina, A. (2019). How to develop research skills among undergraduate engineering students to tackle current ongoing topics? A Smart-Grid case study. *The International Journal of Electrical Engineering & Education*. <https://doi.org/10.1177/0020720918816004>
- [18] Education and training in smart grids and smart cities. 2018 IEEE International Forum Smart Grids para Smart Cities (SG4SC). Belgium. Noviembre 2018.

- [19] Memoria de Título Oficial Graduado o Graduada en Ingeniería Eléctrica por la Universidad de Jaén. Ministerio de Educación, cultura y deporte. Gobierno de España. Diciembre 2015. <http://eps.ujaen.es/grados.html>
- [20] Memoria de Título Oficial Graduado o Graduada en Ingeniería Electrónica Industrial. Universidad de Jaén. Ministerio de Educación, cultura y deporte. Gobierno de España. Diciembre 2015. <http://eps.ujaen.es/grados.html>
- [21] Memoria de Título Oficial Graduado o Graduada en Ingeniería Informática por la Universidad de Jaén. Ministerio de Educación, cultura y deporte. Gobierno de España. Diciembre 2015. <http://eps.ujaen.es/grados.html>
- [22] E. Spanò, L. Niccolini, S. D. Pascoli and G. Iannacconeluca, "Last-Meter Smart Grid Embedded in an Internet-of-Things Platform," in *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 6, no. 1, pp. 468-476, Jan. 2015
- [23] J. Harrison and R. Vanbaelen, "Engineering education accreditation: A look at communication and language," 2015 IEEE International Professional Communication Conference (IPCC), Limerick, 2015, pp. 1
- [24] Maria Lorena Tuballa, Michael Lochinvar Abundo, "A review of the development of Smart Grid technologies", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 59, 2016, Pages 710-725, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.011>
- [25] K. Srivastava, C. Hauser, D. Bakken and M. S. Kim, "Design and development of a new smart grid course at Washington State University," 2012 IEEE Power and Energy Society General Meeting, San Diego, CA, 2012, pp. 1-2
- [26] Verdejo Espinosa, M.A., Fernández, J., Durán, M. (2016) Energy and Environment Model for the Electrical Industry. The case of Spain. En Manuel Pérez-Donsión (Ed.), *Renewable Energy II* (520-538). Newcastle, United Kingdom: Cambridge Scholars Publishing Technology
- [27] Emiro De la Hoz-Franco, Paola Ariza Colpas, Javier Medina Quero, Macarena Espinilla: Sensor-Based Datasets for Human Activity Recognition - A Systematic Review of Literature. *IEEE Access* 6: 59192-59210 (2018)
- [28] Verdejo, M.A., Fernández, J. (2015). Prediction Model for the Electrical Industry in Spain. *The Trend Toward Renewable Energy. Strategic Planning for Energy and the Environment*, 35(3), 9-31. DOI: 10.1080/10485236.2015.11665758
- [29] Kayarvizhy N., Panimozhi K., Harshitha R., "Internet of Things: A Project Based Engineering Course", *MOOCs Innovation and Technology in Education (MITE) 2017 5th International IEEE Conference on*, pp. 83-88, 2017
- J. Stoustrup, A. Annaswamy, A. Chakraborty y Z. Qu (eds.), "Smart Grid Control: An Overview and Research Opportunities". Springer, 2019