

# Colaboración del Grupo SEA con empresas para la propuesta y realización de PFC

D. G. Lamar, M. Arias, A. Rodríguez, A. Vázquez, K. Martín y J. Rodríguez.  
Universidad de Oviedo. Grupo de Sistemas Electrónicos de Alimentación (SEA)  
Edificio Departamental nº 3. Campus Universitario de Viesques. 33204 Gijón. SPAIN  
gonzalezdiego@uniovi.es

**Resumen**—El presente artículo describe la experiencia de 8 años del Grupo de Sistemas Electrónicos de Alimentación (SEA) de la Universidad de Oviedo en la propuesta, y realización de Proyectos Fin de Carrera (PFC) en colaboración con diversas empresas. Además, se detalla la metodología y la planificación aplicada, así como los resultados que se han obtenido de esta experiencia y sus principales conclusiones. De especial interés es la evolución que ha asumido y madurado el SEA a la hora de proponer y abordar el PFC en colaboración con empresas a lo largo de estos años. Esta evolución ha sido muy dependiente del formato del PFC a realizar por el alumno y las necesidades de la empresa, cristalizando en una metodología y planificación propia concreta para tres tipos de PFC. Finalmente, se presentarán los resultados obtenidos de esta experiencia y las conclusiones obtenidas para trabajos futuros.

**Términos clave**—Colaboración Universidad-empresa, grupos de investigación y proyecto fin de carrera.

## I. INTRODUCCIÓN

La Universidad, por definición, ha de ser un recurso investigador relevante en su entorno. Las empresas de ese entorno han de ver este hecho como una oportunidad para establecer colaboraciones estratégicas y duraderas para beneficio mutuo, y no concebir únicamente a la Universidad como un cúmulo de conocimiento.

Los contratos y convenios con empresa son una de las vías más frecuentes de colaboración entre Universidad y empresa (colaboración U-E). Las instituciones académicas cuentan con una plantilla de personal docente e investigador con formación específica que pueden acometer ciertas tareas, para las cuáles la empresa no está o no le interesa estar preparada. Además, de los recursos humanos, la Universidad ofrece también instalaciones y equipamientos punteros dentro de sus servicios científico-técnicos para acometer tradicionalmente proyectos de Investigación y Desarrollo (I+D).

Las cátedras de empresa son otra vía de colaboración. Se trata de una unión estratégica y duradera, por la que ambas partes se benefician de los resultados logrados en los ámbitos de la formación, la creación cultural y artística, la investigación, el desarrollo, la innovación y la difusión de conocimientos.

Las empresas tienen también la oportunidad de participar vía acciones de patrocinio y mecenazgo dentro de la Universidad, con reconocimiento público y beneficios fiscales. En determinados marcos, las empresas pueden participar en programas de captación de talento y fomento de la excelencia académica mediante becas de movilidad y también ayudas a la matrícula en másteres universitarios.

La Universidad ha establecido tradicionalmente estas vías de colaboración U-E de forma institucional. Este hecho ha servido para planificar, promocionar y difundir adecuadamente los resultados de la I+D obtenida a partir de esta colaboración. Los Vicerrectorados de Investigación y las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de las Universidades han proporcionado las herramientas necesarias a los profesores para relacionarse con su entorno dentro de un marco muy específico. Con frecuencia este marco es poco flexible e impide a la Universidad acometer otro tipo de relaciones no estipuladas en sus reglamentos (Fig. 1).

Por otro lado, la colaboración U-E también ha de repercutir en la formación de los alumnos. En concreto esta relación ha de contribuir a la formación integral de los estudiantes, complementando su aprendizaje teórico y práctico, y facilitando el conocimiento de la metodología de trabajo adecuada a la realidad profesional en que los estudiantes habrán de operar, favoreciendo el desarrollo de competencias del alumno (técnicas, metodológicas, personales y participativas), proporcionando una experiencia práctica que facilite la inserción en el mercado de trabajo y favoreciendo los valores de la innovación, la creatividad y el emprendimiento. Este otro tipo de colaboración U-E, se ha realizado institucionalmente a través de otros cauces diferentes a los anteriormente citados, como son las Subdirecciones de Escuelas o Facultades, las cuáles han concretado también un marco muy específico, y a veces también poco flexible.

Aunque conceptualmente no ha de ser así, la realidad demuestra que las colaboraciones U-E aunque han sido concebidas globalmente, su puesta en marcha, sin embargo, ha sido nuclear. Es decir, por un lado se establecen las colaboraciones U-E para generar y transferir conocimiento, y por otro lado se establecen las colaboraciones U-E para fomentar la formación integral del alumno. Además, debido a la estructura interna de las Universidades españolas, es difícil establecer canales para la comunicación entre los diferentes agentes que coordinan ambas colaboraciones. Es obvio que existe una disfunción en la puesta en marcha de la colaboración U-E, ya que la transferencia del conocimiento no ha de ser concebida al margen de la formación integral de alumno.

En esta realidad, es donde los Grupos de Investigación (GIs) de las Universidades deben conexas ambos tipos de colaboración, participando activamente entre los agentes involucrados, y dando visibilidad al resultado de la misma [1]. La estructura característica de los GIs puede facilitar las

---

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Economía a través de los proyectos DPI2013-47176-C2-2-R y MINECO-15-DPI2014-56358-JIN, y el Gobierno del Principado de Asturias a través del proyecto FC-15-GRUPIN14-143 y los fondos FEDER.



Fig.1. Papel desempeñado por del grupo SEA en el contexto de la colaboración Universidad, Estado y empresa.

relaciones entre los agentes implicados en la colaboración U-E. Así, las relaciones pueden llegar a ser más directas y flexibles en la consecución de los objetivos estratégicos, construyendo así un escenario de cooperación centrado en la relación entre el sector académico y privado (siempre en el contexto impuesto por el Estado), que permita desarrollar tanto la transferencia del conocimiento, como la formación integral del alumno (Fig. 1).

Este ha sido siempre uno de los principales objetivos del Grupo de Sistemas Electrónicos de Alimentación (SEA) de la Universidad de Oviedo. El SEA se enmarca dentro del Área de Tecnología Electrónica, que a su vez es un área de conocimiento del Departamento de Ingeniería Eléctrica, de Electrónica, de Computadores y de Sistemas de la Universidad de Oviedo. En este grupo se desarrollan actividades en el campo de las fuentes de alimentación conmutadas desde el año 1983. Los temas abordados cubren distintas sub-áreas de la conversión energética para distintas aplicaciones: convertidores continua-continua (CC/CC) de baja y media potencia, convertidores alterna-continua (CA/CC) monofásicos con corrección del factor de potencia, rectificación síncrona en convertidores CC/CC, modelado dinámico de convertidores CC/CC, sistemas de alimentación ininterrumpida, convertidores CC/CC para la modulación de envolvente en amplificadores de potencia de radiofrecuencia, convertidores CC/CC y CA/CC para la alimentación de LEDs, etc. El SEA ha participado en más de 60 proyectos y contratos de investigación financiados, tanto con fondos públicos (Unión Europea, Plan Nacional de Investigación, Plan Regional de Investigación y la propia Universidad de Oviedo) como con fondos privados de diversas empresas (Alcatel, General Electric, Philips, AVX, SICS, Harmer and Simmons, AEG Power Solutions, Oldham France, Behringer, Marshall, ThyssenKrupp, Chloride Power Protection, Suinsa o INISEL). De esta relación, no sólo se ha querido dar visibilidad científica a los resultados en revistas especializadas o concretar fórmulas beneficiosas para la transferencia del conocimiento (patentes, retribuciones económicas a través de contratos, etc.), sino que también siempre se ha querido beneficiar a sus alumnos, contribuyendo a su formación integral a través de Proyectos Fin de Carrera

(PFCs), Trabajos Fin de Grado (TFGs) y Trabajos Fin de Máster (TFMs) (a partir de ahora los agruparemos todos en PFCs) en colaboración con algunas de esas empresas [2].

El presente artículo describe la experiencia de 8 años del SEA en la propuesta y realización de PFCs, como ejemplo de mejora en la colaboración U-E en relación a la formación integral del alumno. En el apartado II se describirá en detalle cómo la estructura de los GIs, en concreto la del SEA, puede beneficiar a la colaboración U-E relativa a la formación del alumno. Posteriormente, en el apartado III se describirán las experiencias de estos PFCs en colaboración con empresas, y cómo el SEA ha identificado diferentes necesidades para diferentes tipos de trabajo a realizar por el alumno, cristalizando en una metodología y planificación propia concreta para tres tipos de PFC. En el apartado IV se presentarán los resultados obtenidos y las reflexiones realizadas. Finalmente en el apartado V, se concluirán sobre ellos.

## II. LA ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DEL SEA, COMO INSTRUMENTO CLAVE EN LAS RELACIONES U-E PARA LA MEJORA DE LA FORMACIÓN INTEGRAL DEL ALUMNADO

Es conocido que un GI científico y/o tecnológico es el conjunto de personas que se reúnen para realizar investigación en una temática dada, formulan uno o varios problemas de su interés, trazan un plan estratégico de largo o medio plazo para trabajar en él y producen unos resultados de conocimiento sobre el tema en cuestión. También, es conocido que los GI forman parte de la estructura de I+D de las Universidades. Aunque la naturaleza, origen y estructura de los GI es muy diversa, aquí se va a describir la estructura particular del SEA, que fomenta una colaboración U-E más flexible en beneficio del alumno.

El SEA es un GI que surgió de dos investigadores consolidados y varios investigadores en formación hace 8 años. Su estructura organizativa está basada en proyectos (Fig. 2). Ésta es una estructura flexible que se conforma de acuerdo a las necesidades particulares de cada proyecto. Los roles presentes en esta estructura son la coordinación del GI, coordinador de proyecto e investigadores. La coordinación del GI define la

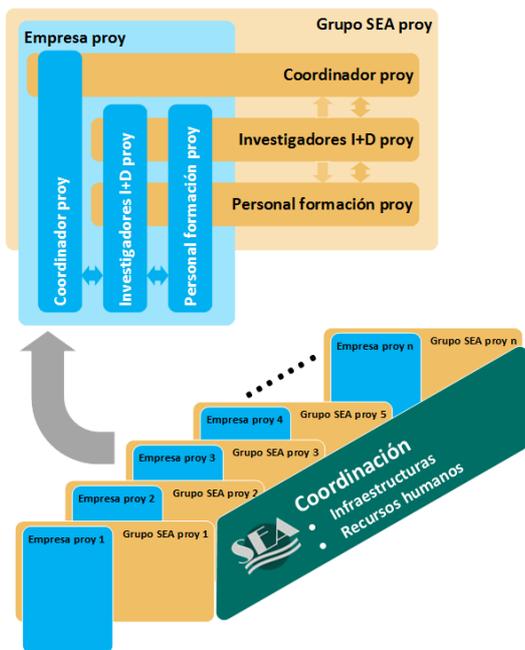


Fig.2. Estructura de organización del SEA basada en proyectos.

conformación de los equipos de trabajo, las infraestructuras, y la vinculación del personal profesional que estarán ligados a cada proyecto. El coordinador de proyecto gestionará los recursos administrativos y humanos de cada proyecto durante el desarrollo del mismo. Finalmente, en el nivel inferior se encuentran los investigadores. Como se puede comprobar, ésta es una versión de la organización de fuerza estratégica, conformada por un equipo que se agrupa para la realización de un proyecto y se disuelve una vez finalizado el mismo.

Se quiere resaltar la relación que establece el SEA con cada empresa con la que trabaja, ya que puede aprovechar esta estructura a favor de la formación integral de los alumnos en sus últimos años de estudio. Por un lado, esta estructura está poco jerarquizada a nivel del personal implicado en la I+D (investigador I+D y personal en formación, tanto de la empresa como del GI). De hecho, se usa una estructura matricial, ya que es un medio eficiente para reunir las diversas habilidades especializadas que se requieren para resolver un problema complejo. Esta estructura concede a la organización gran flexibilidad para ahorrar costo (ya que como a cada proyecto sólo se le asigna la cantidad exacta de personas necesarias, se evita la duplicación innecesaria), y flexibilidad para establecer relaciones entre los agentes implicados. Esta flexibilidad en las relaciones entre GI-E, pueden llegar a trascender de lo puramente contractual, abriendo la posibilidad de colaborar reforzando la relación U-E en relación a la formación del alumno, actuando en un contexto menos encorsetado que el habitual. En este contexto, se pueden identificar con mayor precisión las necesidades de personal de apoyo que pueda tener una empresa. Es aquí donde la propuesta y realización de PFCs en colaboración con empresas es una actividad que encaja de forma natural.

La experiencia del SEA en los últimos 8 años y las experiencias de otros [3], concluyen que ésta es una oportunidad que no se ha de dejar pasar, ya que así se mejora y amplía la colaboración U-E, pasando ésta a ser mucho más productiva. Sin embargo, para llevar a buen término este objetivo se hace necesaria una planificación y metodología a aplicar, que en el caso de SEA es fruto de las reflexiones realizadas en estos años en base a la experiencia vivida y las conclusiones obtenidas.

### III. PLANIFICACIÓN Y METODOLOGÍA LLEVADA A CABO EN LOS PFCs EN COLABORACIÓN SEA-EMPRESA

Es obvio que cada PFC en colaboración con empresa tiene una idiosincrasia particular, y ésta se ha de tener en cuenta para aplicar la planificación y metodología adecuadas, y así llevar la experiencia a buen término. Sin embargo, uno de los objetivos propuestos al principio de esta experiencia era tratar de encontrar los puntos en común de cada formato de PFC con cada empresa, y estandarizar procedimientos. Es obvio que es imposible llegar a alcanzar este objetivo utópico, aunque de los resultados y conclusiones que se fueron obteniendo año a año, se pudo aplicar a los PFC una metodología y planificación común, dividiendo las peculiaridades de los mismos en tres tipos: PFC íntegramente realizados en la empresa (PFCE), PFC íntegramente realizado en la Universidad (PFCU) y PFC realizado en empresa y Universidad (PFCEU).

La propuesta del grupo SEA para la planificación de las tareas y la metodología a aplicar en los PFCs en cooperación con empresa, se ha concretado en los últimos años en la Fig. 3. La primera columna muestra la secuenciación de las fases planificadas para los tres tipos de proyecto. La segunda y tercera columna son propias de los PFCE, donde la segunda muestra el grado de participación de los agentes (Universidad en verde y empresa en azul) en cada una de las tareas planificadas y la tercera describe brevemente la metodología llevada a cabo con la leyenda de los agentes implicados en cada tarea (U, profesor universidad; E, responsable empresa; A, alumno). Cabe reseñar que en este artículo se ha puesto especial énfasis en las tareas realizadas por los agentes U y E. Posteriormente esta estructura se repite para los PFCEU (columnas 4 y 5) y PFCU (columnas 6 y 7), destacando en color negro las diferencias con respecto al primer tipo de PFC (i.e. PFCE), e indicando si estas tareas tienen más (i.e. ++) o menos relevancia (i.e. --).

#### A. PFC íntegramente realizados en la empresa (PFCE)

La estructura de trabajo para el PFCE gestionados por el SEA se divide en:

- **Selección de la temática, carácter del PFCE.** Generalmente la temática del PFCE es escogida por la empresa tras analizar sus necesidades. Normalmente, ésta se encuentra en el contexto de colaboración de los proyectos I+D entre el GI y la empresa, es decir, en el caso del SEA, en el campo de las fuentes de alimentación conmutadas. Los objetivos a proponer también dependen del plan de negocio o investigación de la empresa. Sin embargo, se han de adecuar las propuestas a la formación del alumno para que le resulten abordables, y no se pierda la motivación extra que supone la elección y realización de este tipo de PFCs por parte de alumno. Es por ello, que se ha de mantener una relación fluida con la empresa a

	Grado de participación de los agentes U-E	PFCE	Grado de participación de los agentes U-E	PFCEU	Grado de participación de los agentes U-E	PFCU
Selección de la temática y carácter del PFC	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis necesidades y propuestas (E)</li> <li>Otras propuestas (U)</li> <li>Reuniones coordinación (U-E)</li> </ul>	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis necesidades y propuestas (E)</li> <li>Otras propuestas (U) ++</li> <li>Reuniones coordinación (U-E)</li> </ul>	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis necesidades y propuestas (E)</li> <li>Otras propuestas (U) ++++</li> <li>Reuniones coordinación (U-E) --</li> </ul>
Concreción del contenido	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestión de propuestas (U)</li> <li>Preparación bibliografía (E)</li> <li>Contextualización y revisión bibliografía propuesta (U)</li> </ul>	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestión de propuestas (U)</li> <li>Preparación bibliografía (U-E)</li> <li>Reunión coordinación bibliografía propuesta (U-E)</li> </ul>	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestión de propuestas (U)</li> <li>Preparación bibliografía (U)</li> <li>Reunión propuesta-aceptación bibliografía (U-E)</li> </ul>
Infraestructura necesaria	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de infraestructuras y medios (E)</li> <li>Propuesta (E)</li> <li>Reuniones coordinación (U-E)</li> </ul>	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de infraestructuras y medios comunes (U-E)</li> <li>Reuniones coordinación (U-E) ++</li> </ul>	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de infraestructuras y medios y adecuación a necesidades empresa (U)</li> <li>Reunión propuesta (U-E)</li> </ul>
Planificación de las tareas del alumno	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis necesidades, contexto y propuesta (E)</li> <li>Reuniones coordinación (U-E)</li> <li>Reunión de propuesta (U-E-A)</li> </ul>	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis necesidades, contexto y propuesta (U-E)</li> <li>Reuniones coordinación (U-E) ++</li> <li>Reunión presentación (U-E-A)</li> </ul>	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis necesidades, contexto y propuesta (U)</li> <li>Presentación propuesta (U-E)</li> <li>Reunión presentación (U-E-A)</li> </ul>
Formación específica	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acción tutorial (U)</li> <li>Reuniones coordinación (U-E-A)</li> <li>Curso formación inicial empresa (E)</li> </ul>	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preparación preliminar (U)</li> <li>Reuniones coordinación (U-E-A)</li> <li>Curso formación inicial empresa online (E)</li> </ul>	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preparación preliminar (U)</li> </ul>
Desarrollo	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Supervisión (E)</li> <li>Cambios en la planificación y objetivos (E)</li> <li>Reuniones coordinación internas (E-A)</li> <li>Informes seguimiento (mitad y final)(U-A)</li> <li>Reuniones coordinación externas (U-E-A)</li> <li>Gestión administrativa (U)</li> <li>Reuniones coordinación marco colaboración (U-E)</li> </ul>	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Supervisión (U-E)</li> <li>Cambios en la planificación y objetivos (U-E)</li> <li>Reuniones coordinación internas (E-A) y (U-A)</li> <li>Informes seguimiento mitad (E-A) y final (U-A)</li> <li>Reuniones coordinación externas (U-E-A) ++</li> <li>Gestión administrativa (U)</li> <li>Reunión mitad proyecto (U-E-A)</li> <li>Reuniones coordinación marco colaboración (U-E) --</li> </ul>	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Supervisión (U)</li> <li>Cambios en la planificación y objetivos (U-E) --</li> <li>Reuniones coordinación internas (E-A)</li> <li>Informes seguimiento (E-A)</li> <li>Reuniones coordinación externas (U-E-A) ----</li> <li>Gestión administrativa (U)</li> <li>Reuniones coordinación marco colaboración (U-E)----</li> </ul>
Documentación del PFC	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reunión propuesta doc (U-E-A)</li> <li>Revisión preliminar (E-A)</li> <li>Revisión final (U-E)</li> </ul>	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reunión planificación (U-E-A)</li> <li>Revisión preliminar (E-A)</li> <li>Revisión final (U-E)</li> </ul>	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reunión planificación (U-A)</li> <li>Revisión final (U-A)</li> <li>Reunión aceptación por parte de la empresa (U-E)</li> </ul>
Presentación del PFC	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presentación final en empresa (E-A)</li> <li>Preparación y adecuación de la presentación (U-A)</li> </ul>	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presentación final en empresa (E-A)</li> <li>Preparación y adecuación de la presentación (U-A)</li> </ul>	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preparación y elaboración de la presentación (U-A)</li> <li>Presentación online a empresa (U-E-A)</li> </ul>
Defensa del PFC	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Defensa del PFC (U-A)</li> <li>Reunión evaluación final (U-E-A)</li> <li>Reunión inserción laboral del exgraduado (U-E)</li> </ul>	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Defensa del PFC (U-A)</li> <li>Reunión evaluación final (U-E-A)</li> <li>Reunión inserción laboral del exgraduado (U-E) --</li> </ul>	██████████	<ul style="list-style-type: none"> <li>Defensa del PFC (U-A)</li> <li>Notificación calificación (U-E-A)</li> </ul>

Fig.3. Tabla resumen de la planificación y metodología llevada a cabo en los PFCs en colaboración SEA-empresa

través de reuniones de coordinación (que por comodidad normalmente son *online* durante el desarrollo del PFC) para concretar estas propuestas. Aquí los profesores del GI tienen muy clara la interacción entre las necesidades de la empresa y la formación del alumno. Así, es habitual que se puedan plantear por parte del GI propuestas en el contexto de algún proyecto en común en estas reuniones. Finalmente, el carácter del PFCE puede ser muy diverso: tecnológico, I+D+i, teórico, etc. La selección del carácter del PFCE se ha de hacer de forma consensuada, ya que repercute directamente en la infraestructura requerida, y por tanto, en parte fundamental de su planificación.

- **Concreción del contenido.** Durante esta fase de los PFCE, es la empresa la que prepara la bibliografía que ha de manejar el alumno al inicio de sus tareas. En paralelo, el GI ha de gestionar administrativamente en su Universidad la propuesta consensuada en la anterior fase. Al final de esta fase, también es tarea del GI la supervisión de la bibliografía escogida por la empresa. Esta revisión se ha de enfocar a la formación que ha recibido el alumno, contextualizando la bibliografía a su

currículo académico. En este punto se pueden identificar temáticas y conceptos no trabajados por el alumno en su titulación, que deberán ser reforzados en fases posteriores, como es la de su formación específica previa a su estancia en la empresa. Es por ello que las reuniones de coordinación entre el GI y la empresa son imprescindibles.

- **Infraestructuras necesarias.** Esta fase está plenamente condicionada a las decisiones tomadas en la primera (temática y carácter del PFCE). Por lo tanto, la empresa es el único agente que analiza las necesidades del PFCE y sus infraestructuras (equipamiento, software, etc.), decidiendo cuáles les asigna. Al final de esta fase, la empresa comunica al GI qué infraestructuras va a tener que manejar el alumno. Aquí la única tarea del GI es volver a identificar temáticas y conceptos no trabajados por el alumno, y completar su formación en la fase de formación específica previa a su estancia en la empresa.
- **Planificación de las tareas del alumno.** También esta fase está protagonizada por la empresa en los PFCE. Ésta

decide qué tareas se van a llevar a cabo a lo largo del PFCE, y cómo se van a desarrollar. En este punto las reuniones de coordinación son importantes, ya que se ha de propiciar, por parte de la empresa que se concrete la planificación en un listado de las principales actividades: revisión bibliográfica, recolección de datos, análisis, diseño, redacción, evaluación, etc. También es importante que la empresa concrete, al menos de un modo tentativo, la temporización de todas las tareas necesarias, ya que han de coordinarse con los calendarios de la Universidad. Es en esta fase donde se ha de decidir los tutores que se asignan al alumno, tanto dentro del GI como en la empresa. Esta decisión está siempre condicionada a la temática del PFCE, que ha surgido del marco de colaboración mutuo. Por lo tanto, es una selección natural dentro de este contexto que no genera disfunción. Finalmente, cuando se haya concretado esta planificación, se establecerá una reunión conjunta GI-empresa con el alumno para presentarle los objetivos a conseguir dentro del PFCE, así como la planificación y recursos para su ejecución. Es en esta reunión, donde se comunica al alumno su relación con sus tutores y la relación a desarrollar con ellos. Es obvio que la relación con el tutor del GI va a ser *online*. Por otro lado, se presenta la relación que tendrá con el tutor de la empresa y sus actividades propias: reuniones de coordinación tutor-alumno, reuniones de coordinación interna de la empresa, etc. Es importante también, en la medida de lo posible, la temporización de todas ellas, aunque la realidad demuestra que la empresa las concrete.

- **Formación específica** previa a la estancia. Esta fase es fundamental en los PFCE. Fue identificada por el SEA como imprescindible, ya que no se realizó al inicio de esta experiencia propiciando disfunciones. Una vez identificadas en otras fases las temáticas, concepto, infraestructuras a manejar, etc., no trabajados por el alumno en su titulación, es una tarea ineludible por parte del GI concretar un programa de Acción Tutorial para cubrir este déficit. Hay que decir que este programa hay que consensuarlo con la empresa a través de reuniones de coordinación. El objetivo fundamental es facilitar el proceso de integración del alumno en la empresa, mejorando su formación específica en las tareas planificadas. El formato escogido para esta formación específica, Acción Tutorial, puede ser susceptible de aumentar en exceso la carga docente del profesor. Sin embargo, en el contexto de colaboración entre el GI y la empresa, es muy sencillo seleccionar y preparar el material a través de informes de seguimiento de los proyectos I+D. Además, la estructura organizada por proyectos del SEA permite diversificar esta tarea de formación entre los distintos investigadores del proyecto. Otra herramienta que se suele usar es la implicación del alumno en algunas actividades de los proyectos, como son las reuniones de coordinación interna del SEA o las reuniones de coordinación SEA-empresa relativas a proyectos I+D. Finalmente, esta formación previa se completará en los primeros días de estancia del alumno en la empresa con un programa de formación inicial con

el objetivo de integrarlo en los aspectos administrativos y funcionales.

- **Desarrollo** del PFCE. El desarrollo del PFCE por parte de alumno sigue una secuenciación tradicional: profundización en la bibliografía fundamental, construcción del marco teórico teniendo en cuenta la revisión de la bibliografía más los conceptos trabajados a lo largo del Grado/Máster, ejecución del trabajo de campo, análisis de los resultados, extracción de conclusiones y determinación de perspectivas. Sin embargo, en este artículo se quiere hacer hincapié en la acción de los otros agentes participantes, los tutores. En los PFCE, será responsabilidad del tutor de la empresa la supervisión del trabajo del alumno, la gestión de la información en las reuniones internas y la toma de decisiones sobre cambios en la planificación y metodología a aplicar. El tutor en la Universidad, únicamente revisará los dos informes de seguimiento que presentará el alumno (informe de seguimiento a la mitad y al final del PFCE), y se encargará de concretar las reuniones de coordinación propuestas por la empresa en las que el alumno estará presente. El objetivo de los informes de seguimiento es el de comprobar el progreso en la realización del PFCE. Por un lado, se trata de determinar en qué medida se ha cumplido lo propuesto, y por otro, de establecer qué tareas del PFCE quedan aún por completar. El informe tendrá una extensión máxima de 500 palabras y constará de las siguientes partes: introducción, donde se sintetice la naturaleza y los principales objetivos; cuerpo, donde revisará el trabajo hecho hasta la fecha, se establecerá el trabajo que queda por hacer y se anticiparán los posibles problemas que habrá que afrontar para cumplir; y conclusiones, donde se resumirán las expectativas reales que el estudiante tiene para poder completar con éxito la entrega. Otra de las tareas del tutor en la Universidad será la gestión administrativa del mismo. Finalmente, esta fase constituye una oportunidad real para plantearse el interés común de GI y la empresa en esta colaboración. Es susceptible de implicar a la empresa en otro tipo de actividad de colaboración con la Universidad a través de los GIs como: participar en labores de formación continuada, investigación, formación de postgrado, intercambio académico de investigadores, y en especial la promoción y la realización de actividades que tengan incidencia en el campo de conocimiento común.
- **Documentación** del PFCE. Esta fase es susceptible de solaparse con la anterior ya que el alumno debe, durante la parte final de la estancia, elaborar la documentación necesaria para la calificación de su PFCE. Para ello, en el último tramo de la estancia, el tutor de empresa ha de plantear una estructura del documento. Sin embargo, el tutor de la Universidad ha de asegurar que esa estructura sea compatible administrativamente con la normativa del Centro. Es por ello, que se ha de propiciar una reunión de propuesta de documento por parte de la empresa y posterior revisión por el tutor en la Universidad. En esta fase se ha de trasladar al alumno el uso de un lenguaje claro y sencillo, evitar las frases telegráficas y los

párrafos excesivamente largos, evitar el abuso reiterativo de términos, promover el uso de formas impersonales, etc. Finalmente, el proceso de revisión del documento de un PFCE pasa por una primera revisión en por parte del tutor de la empresa, y otra final por parte del tutor de la Universidad.

- **Presentación del PFCE.** Esta fase se divide en dos partes bien diferenciadas. La preparación de la presentación del trabajo realizado en la empresa y, posteriormente, la preparación de la presentación y defensa del PFCE en la Universidad. Los parámetros que definen la primera de ellas son muy diversos y dependen de la empresa. Aunque es una tarea del tutor de empresa su preparación, desde la Universidad se le trasladan alguna ideas importantes de la misma: no es un mero trámite, sino tiene un peso importante en la apreciación del trabajo realizado por el alumno en la empresa; no es una mera lectura del trabajo escrito, implica algo de creación y recreación del trabajo; requiere ensayar previamente y simular el acto de presentación; y finalmente, debe ser un punto fuerte de la estancia, ya que hay que proyectar a la empresa la imagen de conocimiento sobre el contenido del mismo. Una vez realizada esta presentación por parte del alumno, el tutor en la Universidad adecúa esta presentación al contexto, y gestiona y planifica el acto de defensa. En este sentido el trabajo realizado por el SEA en la mejora de las presentaciones de los alumnos ha sido muy significativo [4]. Siempre se ha puesto énfasis en aspectos formales de la misma: orden, claridad, ajuste al tiempo establecido, el ritmo de la presentación, equilibrio entre las partes a exponer, evitar repeticiones y “coletillas”, lenguaje técnico ajustado al contenido del texto defendido, mucha atención al lenguaje no formal y naturalidad en las formas, eso sí, todo ello adecuado al acto académico. Finalmente, también se prepara al alumno para los comentarios o preguntas referidas a cuestiones formales (manera de escribir, de citar a los autores o autoras, claridad en los objetivos, bibliografía, etc.) o a cuestiones de fondo sobre la temática analizada.
- **Defensa del PFCE.** En relación a esta fase, el presente artículo se va a centrar en las actividades posteriores a la defensa del PFCE. Una vez defendido se ha de realizar una reunión con la empresa, con el objeto de informar de los resultados académicos obtenidos. En muchos de los casos (por la experiencia vivida en el SEA en los últimos 8 años), se puede propiciar otra reunión para plantear la inserción laboral del alumno en dicha empresa. En este tipo de situaciones, el tutor en la Universidad (y miembro del GI) tiene un papel fundamental a la hora de reforzar o no esa idea. Es decir, el rendimiento del alumno debe ser valorado por la empresa y refrendado por la Universidad.

#### B. PFC realizado en ambos entornos Universidad-empresa (PFCEU)

La estructura de trabajo para el PFCEU gestionados por el SEA se divide en las mismas fases. Sin embargo, hay diferencias con respecto al PFCE, como se puede apreciar en la Fig. 3 columna 5. La principal es que hay menos implicación de la

empresa. Estas diferencias están marcadas en color negro en la columna 6 de la Fig. 3, y se van a comentar brevemente a continuación fase por fase:

- **Selección de la temática, carácter del PFCEU.** Esta fase no se diferencia en nada a la del PFCE. Sin embargo, las propuestas realizadas por el GI son más receptivas por parte de la empresa, eso sí, siempre en el contexto de los proyectos I+D en común.
- **Concreción del contenido.** En el PFCEU la elección de la bibliografía recae tanto en el GI como en la empresa. Por lo tanto, no se hace necesaria una adecuación de la misma a los estudios realizados por el alumno, básicamente se consensua en las reuniones de coordinación.
- **Infraestructuras necesarias.** En el PFCEU, a diferencia del PFCE, son ambos tutores los que analizan las necesidades del PFCEU y sus propias infraestructuras (equipamiento, software, etc.), decidiendo cuáles son asignadas. Aquí son fundamentales las reuniones de coordinación, para poner en común toda esta información. Desde la experiencia adquirida en el SEA, en esta etapa hay que establecer buenos canales de comunicación periódicos con la empresa, que establecerán las bases de la futura planificación de las tareas de PFCEU.
- **Planificación de las tareas del alumno.** Esta se puede calificar como la más importante de las fases del PFCEU, y posiblemente de todas las fases de los tres tipos de PFC. Las diferencias con el PFCE no son muchas, pero sí cruciales: la planificación ahora es conjunta entre el GI y la empresa. Como en la tarea anterior la coordinación GI-empresa, a través de reuniones, es fundamental, ya que hay que planificar las tareas a desarrollar en la Universidad y en la empresa. La planificación ha de ir enfocada a dar coherencia a las tareas a desarrollar por el alumno, evitando solapamientos, repetición de tareas, etc. La concreción de esa planificación en un cronograma de actividades es más factible que en el PFCE, ya que el GI está más implicado. Finalmente, la concreción de la relación del alumno con los tutores, se propondrá de forma diferente en la reunión de presentación a la del PFCE, ya que es obvio que el alumno establecerá relaciones diferentes con ambos cuando desarrolle su PFCEU en la Universidad o la empresa.
- **Formación específica** previa a la estancia. La única diferencia con respecto al PFCE es que esta formación puede abarcar gran parte del trabajo a desarrollar por el alumno en la Universidad. De hecho, en la planificación del PFCEU, se tiene en cuenta este hecho, permitiendo abordar al alumno problemas más específicos en la empresa. Finalmente, los cursos de formación del alumno en la empresa, aquí pueden ser adelantados, y realizados *online* o semipresenciales. El objetivo es aprovechar más la estancia del alumno.
- **Desarrollo del PFCEU.** Obviamente esta parte es muy diferente a la planteada anteriormente en el PFCE. Aquí la toma de decisiones sobre cambios en la planificación

TABLA I: RELACIÓN DE PFC EN COLABORACIÓN CON EMPRESA DEL SEA EN LOS ÚLTIMOS 8 AÑOS.

Nº	Empresa	Tipo	Título	Fecha	Calificación
1	ESA	PFCEU	<i>Design of a single diode Sequential Switching Shunt Regulator (S3R) for space applications</i>	30/04/2009	10-MH
2	ESA	PFCU	Planificación y diseño del cableado del satélite ESMO (European Student Moon Orbiter)	15/12/2009	10-MH
3	ESA	PFCU	Modificación y optimización del cableado del satélite ESMO (European Student Moon Orbiter)	17/12/2009	10-MH
4	ESA	PFCU	Diseño del trazado del cableado del satélite ESMO (European Student Moon Orbiter)	16/07/2010	10-MH
5	IKERLAN	PFCE	Puesta a punto de un sistema de electrónica de potencia de apoyo a red con almacenamiento para su integración en una microrred	09/09/2010	10-MH
6	ESA	PFCU	Diseño del trazado del cableado del satélite ESMO (European Student Moon Orbiter)	15/06/2011	10-MH
7	IKERLAN	PFCE	Diseño y desarrollo de algoritmos para la estimación del estado de salud (SOH) de baterías de Litio-Ion	22/07/2011	9,5
8	IKERLAN	PFCE	Diseño de un motor síncrono de imanes permanentes (LSPMSM)	27/09/2011	10-MH
9	IKERLAN	PFCE	Diseño y control e implementación de un convertidor de potencia aislado de media frecuencia.	28/02/2012	10
10	IKERLAN	PFCE	Gestión energética avanzada de ascensores con capacidad de almacenamiento de energía	06/09/2012	10-MH
11	IKERLAN	PFCE	Sistemas de gestión (BMS) y equilibrado de baterías de Litio-Ion	20/06/2013	10-MH
12	IKERLAN	PFCE	Evaluación de las ventajas y desventajas del uso de las inductancias acopladas en convertidores electrónicos de potencia	19/03/2014	10-MH
13	IKERLAN	PFCE	Modelado, control y conexión a red de un generador de imanes permanentes para un aerogenerador offshore	02/04/2014	10-MH
14	ONSEMI	PFCEU	Desarrollo de convertidor elevador para test comparativo entre dispositivos de última generación en el rango de 600 V	12/05/2014	10-MH
15	IKERLAN	PFCU	Análisis, diseño y construcción de un sistema de equilibrado de celdas de baterías de Li-Ion	09/07/2014	10-MH
16	ESA	PFCEU	Análisis y desarrollo de un sistema de alimentación S3R para satélites basado en el uso de cascos	23/07/2014	10-MH
17	IKERLAN	PFCE	<i>Modelling of DFIG and Wind Farms</i>	28/07/2014	8
18	IKERLAN	PFCU	Desarrollo de modelos analíticos y de simulación de topologías Push-Pull y puente completo	09/12/2014	10-MH
19	ONSEMI	PFCEU	Desarrollo de un circuito convertidor elevador optimizado para el testeo y evaluación de dispositivos avanzados de potencia	16/03/2015	10-MH
20	IKERLAN	PFCU	Estudio y desarrollo de una fuente de alimentación auxiliar basada en la topología <i>Fly-Buck</i>	22/07/2015	10-MH
21	IKERLAN	PFCU	Estudio y desarrollo de una fuente de alimentación auxiliar basada en la topología <i>Buck</i>	23/07/2015	10

y objetivos, supervisión y concreción de reuniones internas, dependen del agente con el que el alumno esté desarrollando su trabajo. Tradicionalmente, en el primer periodo del PFCEU, el trabajo del alumno se desarrolla en la Universidad. Por lo tanto, el informe mitad de proyecto será ahora revisado por el tutor de empresa, y servirá como introducción al trabajo futuro a realizar. Es importante remarcar que aunque son significativas las reuniones de coordinación previas, es fundamental establecer una reunión de coordinación mitad de proyecto. La experiencia del SEA en estos últimos 8 años, dice que éste es el momento clave para que la empresa vea como suyo el futuro trabajo del alumno, lo adopte y apueste por él ya que, como se explicará posteriormente, el trabajo realizado por el alumno fuera del ámbito de la empresa no es visto por ella con el mismo interés que el PFCE. Es clave que la empresa tenga la noción que el alumno se ha estado preparando en la Universidad para desarrollar posteriormente un trabajo útil para ellos. Por lo tanto, hay que plantearse la etapa en la Universidad, no sólo para cubrir las primeras etapas del proyecto (análisis bibliográfico, análisis iniciaciones, diseños previos, etc.), sino en la concreción de resultados (primeras versiones de diseños, simulaciones y prototipos). Este punto de inflexión supedita posteriormente el interés común del GI y la empresa en esta colaboración.

- **Documentación del PFCEU.** La única diferencia que existe en esta fase con respecto al PFCE, es que no se puede hablar de propuesta en estructura del documento por parte del tutor de empresa. La estructura del documento ya ha sido consensuada anteriormente en las reuniones de coordinación de la fase anterior. Por lo tanto, tampoco se necesita una adecuación al formato universitario.
- **Presentación y defensa del PFCEU.** Esta fase es muy similar a la del PFCE. Sin embargo, hay una diferencia, el propiciar una reunión para plantear la inserción laboral del alumno depende fuertemente de lo anteriormente citado en la

reunión mitad de proyecto. Es clave que la empresa vea su apuesta por el trabajo del alumno recompensada y de utilidad para ellos. Es decir, que vean como no ajeno el trabajo realizado por el alumno. Sin embargo, este hecho no ha de distraer el principal objetivo de esta experiencia: la formación del alumno.

### C. PFC íntegramente realizado en la Universidad

La estructura de trabajo para el PFCU gestionados por el SEA se divide en las mismas fases que los dos anteriores. Sin embargo, hay diferencias con respecto al PFCE y al PFCEU. Como se puede apreciar en la Fig. 3 columna 5, hay menos implicación de la empresa. Esta implicación en la realidad es casi nula por parte de la empresa, pasando las propuestas comunes a ser únicamente planteadas por el GI en el contexto de los proyectos I+D en común. Por lo tanto, los PFCU pasa a ser PFC normales con alguna diferencia en las tareas como: reuniones de presentación de propuestas y reuniones de presentación de resultados. En los PFCU es muy difícil propiciar al final del mismo una reunión para la inserción laboral de alumno, ya que pasan a ser marginales para la empresa.

## IV. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EXPERIENCIA Y REFLEXIONES

Este apartado se va a dividir en dos. El primero de ellos mostrará los resultados, y el segundo las principales reflexiones obtenidas de esta experiencia.

### A. Resultados obtenidos

En los últimos 8 años el SEA, y por tanto la Universidad de Oviedo, ha establecido convenios de colaboración con empresas (e.g. IK4-IKERLAN [5], ESA [6] y ONSemiconductor [7]) para que 21 de sus alumnos realicen sus PFCs, 10 PFCEs, 3 PFCEUs y 8 PFCUs, tal como se muestra en la Tabla I.

Los resultados obtenidos de esta experiencia han sido muy positivos desde el punto de vista académico. Los alumnos han obtenido excelentes calificaciones: 16 Matrículas de Honor (lo cual era posible en nuestra Universidad hasta 2011), 4 sobresalientes y un notable. La nota media es de 9,88, muy por encima de la calificación media de la titulación (i.e. ingeniería Superior Industrial e Ingeniería Superior en Telecomunicación).

También, los resultados obtenidos de esta experiencia desde el punto de vista profesional han sido muy positivos para nuestros egresados. Cabe reseñar que un 33,33 % (7 de 21) de nuestros alumnos han sido contratados por las empresas como personal laboral o becario de postgrado. También un 19% (4 de 21) ha sido incorporado al SEA.

Por lo tanto, se puede concluir que la acogida y valoración de este tipo de PFCs por parte de la comunidad universitaria y empresarial ha sido excelente. De hecho, este tipo de colaboración no sólo se ha seguido concretando en los TFM, sino en las prácticas externas que forman parte del currículo de los nuevos Grados.

#### *B. Reflexiones después de 8 años de experiencia*

##### *1) Como resultado de la experiencia se ha obtenido una planificación y metodología propia.*

De los problemas encontrados año a año y sus conclusiones se ha concretado una metodología y planificación concreta para cada tipo de PFC. De hecho, el seguimiento y la planificación de las actividades de forma detallada resultaron de gran utilidad para el desarrollo de todos los PFCs. Así, la imagen que se proyectó con esta metodología (Fig. 3) ha hecho no sólo que muchos de los alumnos quieran realizar su TFM o prácticas externas en cooperación con la empresa, sino que las empresas estén muy predispuestas a estas y otras colaboraciones. Todo ello ha sido concebido, siempre garantizando una buena experiencia profesional a los estudiantes, contribuyendo a su formación integral.

##### *2) Los PFCUs no son realmente PFCs en colaboración con empresa. Un lastre para los TFG.*

De la experiencia adquirida en los últimos 8 años se ha extraído una conclusión en relación a los PFCU: no son considerados como una colaboración U-E por parte de las empresas. El hecho de que todo el trabajo sea realizado en la Universidad es visto como algo ajeno a las empresas. De hecho, las propuestas de los PFCU son marginales y de poco interés para ellas. Este hecho, posteriormente repercute en el seguimiento e interés por los resultados del mismo, convirtiéndose actividades formativas muy interesantes para el alumno (i.e. reuniones de seguimiento, reuniones de presentación de resultados, etc.), pero en meros trámites sin ningún tipo de realimentación para la empresa. Esta es una conclusión esencial a la hora de plantear la metodología y planificación en los PFCEU. En ellos es fundamental crear expectativa por parte de la empresa del trabajo realizado por el alumno en su periodo en la Universidad. Puesto que esta expectativa es difícil de conseguir, hay únicamente 3 PFCU en esta experiencia.

Por otro lado, hoy en día los TFG están estructurados dentro del último semestre del último curso junto con la impartición de asignaturas. Este hecho hace imposible que el alumno desarrolle una gran parte de su TFG en la empresa. Por lo tanto, éstas perciben a los TFG como PFCU, interesándose únicamente las prácticas externas reguladas y los TFM en el contexto de las nuevas titulaciones. En el contexto regulatorio de la Universidad de Oviedo no hay solución a este problema, salvo los convenios *Erasmus* con empresas extranjeras.

##### *3) El tiempo invertido. Un cambio para todos.*

Por una parte, el tutor de Universidad ha de ser consciente de la dedicación que requiere este tipo de PFCs. El seguimiento, conducción y supervisión que los alumnos necesitan para el desarrollo de sus tareas en colaboración con la empresa, implica una inversión de tiempo superior a la que se realiza con un PFC tradicional.

Por otro lado, el alumno ha de ser consciente de que su tiempo es suyo y lo tiene que gestionar él. Es habitual que el alumno tenga problemas para planificar sus actividades dentro de la empresa, ya que la tutela en la empresa no es tan continua en el tiempo como en la Universidad. Hay que fomentar una implicación y motivación por parte del alumno que palíe esas carencias. Aunque el alumno no está acostumbrado a gestionar su tiempo, al final de esta experiencia, se siente cómodo al tener que hacerlo.

##### *4) Hay que dotar a cualquier metodología activa con recursos e infraestructuras.*

Para la aplicación de la planificación y la metodología que aquí se presenta, se necesitan recursos e infraestructuras por parte del GI. En el caso concreto del SEA esto no es un problema. Sin embargo, la realidad en algunos GIs puede ser muy diferente. Es por ello, que en el SEA somos muy conscientes de que esta experiencia se ha podido llevar a cabo por nuestra propia estructura, infraestructuras y presupuesto.

#### V. CONCLUSIONES

La experiencia de la concepción y aplicación de una planificación y metodología a los PFCs en colaboración U-E por parte de SEA ha sido, y sigue siendo, muy positiva tanto para los alumnos como para los profesores que la ha llevado a cabo. Sin embargo, como conclusión principal hay que destacar que es un cambio sustancial que deben asumir todos los agentes implicados.

Por otro lado, se ha demostrado que la planificación y la metodología propuesta son válidas para alcanzar los objetivos docentes, cumpliendo con las expectativas de los estudiantes y retándolos a la elaboración de proyectos reales. También se ha demostrado que la relación U-E puede alcanzar otras dimensiones a través de los GIs, estableciendo nuevos tipos de colaboración U-E más flexibles y eficaces para el alumno.

#### REFERENCIAS

- [1] Cortés Aldana, F. A. (2006). La relación universidad-entorno socioeconómico y la innovación. *Ingeniería e Investigación, Ingeniería e investigación* 26(2), 94-101. Universidad Nacional de Colombia.
- [2] <http://sea.grupos.uniovi.es/>
- [3] Lucia, Ó., Burdio, J. M., Acero, J., Barragán, L. A., & Garcia, J. R. (2012). Educational opportunities based on the university-industry synergies in an open innovation framework. *European Journal of Engineering Education*, 37(1), 15-28.
- [4] D. G. Lamar, P. Pando, M. Arias, M. Rodríguez, A. Rodríguez, P. F. Miaja, A. Vázquez, M. Fernández y M. Hernando. El proyecto fin de carrera como una oportunidad para potenciar la técnica del discurso oral del alumno. *TAEE* 2012, Vigo.
- [5] <http://www.ikerlan.es/es/>
- [6] <http://www.esa.int/ESA>
- [7] <http://www.onsemi.com/>