

Uso de Métodos Ágiles y Lean en la Realización de Proyectos en Tecnología Electrónica

Manuel Caeiro-Rodríguez
Departamento de Enxeñaría Telemática
E.E. Telecomunicación
Universidade de Vigo
Vigo, España
Manuel.Caeiro@uvigo.es

Abstract—Este artículo presenta un estudio sobre la adopción de métodos Ágiles y Lean en los estudios de Ingeniería de Telecomunicación, incluyéndose el área de tecnología electrónica. Dentro de los métodos ágiles se hace uso de SCRUM y como parte de Lean se tiene en cuenta su aproximación para el desarrollo de proyectos innovadores, tomando para ello la referencia de Lean Startup. El propósito del artículo es explorar como la aplicación de dichos métodos es posible en el caso de proyectos en equipo realizados en la asignatura Laboratorio de Proyectos del grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación y valorar los beneficios que puede aportar. Se revisan las ideas fundamentales de estas metodologías y se describen algunas de las prácticas que se desarrollan en el contexto de la asignatura: la estimación de esfuerzo en base a técnicas como Planning Poker, el prototipado rápido, etc. Con su enfoque en equipos auto-organizados se proporciona una plataforma adecuada para practicar la organización de proyectos, potenciándose la autonomía y responsabilidad de los alumnos en todo momento.

Keywords— *aprendizaje basado en proyectos, metodologías ágiles, metodologías lean, SCRUM*

I. INTRODUCCIÓN

Durante muchos años en las titulaciones de ingeniería los Proyectos Fin de Carrera (PFC) se planteaban como el hito clave que marcaba el paso del estudiante al ingeniero. En dichos proyectos el alumno, en general de forma individual, debía poner en práctica todos sus conocimientos y competencias en el desarrollo de una solución a un problema relevante de ingeniería. Esto exigía la realización de desarrollos técnicos complejos, pero también la puesta en práctica de otras competencias clave de un ingeniero, como la planificación y la gestión del desarrollo del proyecto, el análisis del problema o la evaluación de los resultados.

Con la llegada de los nuevos grados, los PFC se han convertido en los denominados Trabajos Fin de Grado (TFG) y, en general, han perdido una gran parte de la exigencia que tenían anteriormente. Los nuevos TFG cuentan con una dimensión más acotada en el número de horas de trabajo del alumno. Sin embargo, los nuevos grados también demandan el desarrollo de competencias específicas, como la gestión de proyectos, y otras transversales, como el trabajo en equipo o el liderazgo. Se hace por tanto necesario considerar la educación

de los futuros ingenieros en estas nuevas competencias. Para ello es necesario hacer una revisión de las competencias a desarrollar y considerar la adopción de nuevas metodologías y herramientas que las promuevan y sustenten.

En este artículo se aborda el estudio de metodología ágiles [1], en especial Scrum, y Lean [2] como aproximaciones para el desarrollo de proyectos en equipo. Estas metodologías se centran sobre todo en la gestión de equipos y también en técnicas como el prototipado rápido, la realimentación de los usuarios y el desarrollo incremental. Se trata de metodologías cada vez más conocidas en las empresas, en donde están siendo adoptadas como metodologías de referencia para el desarrollo de proyectos. Sin embargo, dichas metodologías no han sido introducidas de forma significativa en ámbitos académicos, sobre todo en estudios de ingeniería. Ahora bien, el reto no se encuentra únicamente en introducir estas metodologías en el marco de los estudios de Ingeniería de Telecomunicación, sino en cómo organizar el trabajo académico de acuerdo a las mismas. Frente a la organización tradicional más individual y/o basada en la asunción de un fuerte liderazgo por parte del profesor, en el contexto de las nuevas competencias que se incluyen en los grados se promueve la auto-organización de los equipos, procurando que el alumno asuma mayor autonomía y responsabilidad.

El artículo se estructura como sigue. A continuación, se ofrece una introducción a la metodología Scrum y a la filosofía Lean, revisando algunas de las prácticas que pueden adoptarse en los cursos de Ingeniería de Telecomunicación. Tras ello, en la sección siguiente se describe el planteamiento del curso de Laboratorio de Proyectos en base a estas metodologías. Por último se muestran los primeros resultados obtenidos en su aplicación y el artículo termina con algunas conclusiones.

II. METODOLOGÍAS ÁGILES DE DESARROLLO SOFTWARE

Los métodos de desarrollo software ágiles han cambiado la forma en la que muchos desarrolladores realizan sus proyectos. La principal característica de estos métodos es la “entrega acelerada” de producto al cliente, lo cual se consigue siguiendo una aproximación de desarrollo incremental, basada en el prototipado y en la realimentación continua por parte de los usuarios finales, en lugar de la planificación a priori y documentación extensiva [1].

Las metodologías ágiles surgen como aproximación alternativa a las metodologías tradicionales, principalmente en contraposición a las metodologías en cascada, caracterizadas por la planificación por fases bien delimitadas y ejecutadas de acuerdo a un orden predefinido. El movimiento ágil plantea una aproximación más dinámica y “ágil” en la que la atención se centra en el desarrollo de software que pueda entregarse rápidamente y que permita obtener realimentación. Las ideas más importantes de estas nuevas aproximaciones fueron recogidas en el denominado manifiesto ágil [2]. En este manifiesto se establecen los 12 principios ágiles que diferencian las nuevas metodologías de las tradicionales y que pueden resumirse en 4 puntos:

- 1) Valorar a los individuos y las interacciones del equipo de desarrollo sobre el proceso y las herramientas.
- 2) Desarrollar software que funciona por encima de producir una documentación exhaustiva.
- 3) La colaboración con el cliente más que la negociación de un contrato.
- 4) Responder a los cambios más que seguir estrictamente un plan.

Scrum es una metodología software del tipo ágil en el que pueden encontrarse los 12 principios ágiles. Se trata de una metodología de trabajo, por lo que dichos principios se han trasladado en una organización y planificación muy concretas.

En Scrum hay tres roles fundamentales, responsables del desarrollo de proyectos, a los que se puede unir un rol adicional en forma de cliente, cf. Fig. 1:

1) *Product Owner*. Es la persona encargada de la dirección y control del *Product Backlog*, así como las fechas de las entregas, que han de ser establecidas en acuerdo con el equipo. Define las funcionalidades del producto y toma las decisiones de negocio, siendo responsable de la rentabilidad del producto. Puede ser el propio cliente u otra persona que esté en contacto directo con el cliente. A su vez, ha de asistir a todas las reuniones de planificación y revisión de cada sprint y estar en contacto continuo con el equipo.

2) *Scrum Master*. Es el responsable de la correcta aplicación de la metodología Scrum en el desarrollo del proyecto por parte del equipo, guiando las reuniones, eliminando impedimentos y ayudando al equipo. Es desarrollador al 50% y toma decisiones rápidas, asegurando que el equipo es completamente funcional y productivo, estando además a su servicio. Representa al equipo frente al propietario de producto y al propietario frente al equipo.

3) *Scrum Team*. El equipo es multifuncional, auto-organizado y su único propósito es cumplir con el objetivo del sprint. Cada equipo estará formado por un número pequeño de personas, siendo 7 el número ideal (± 2 personas), que trabajan estando en contacto constante.

4) *Cliente*. El cliente es el beneficiario final del producto. Viendo los progresos pueden aportar ideas, sugerencias o necesidades no contempladas.

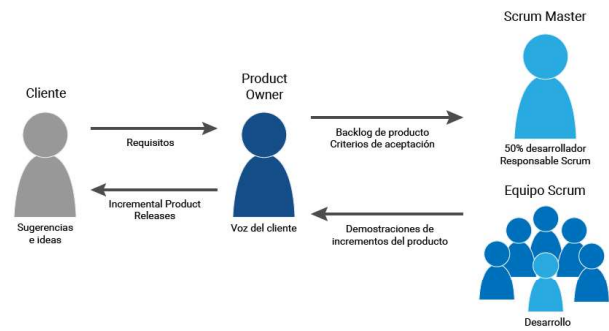


Fig. 1. Roles de Scrum

Scrum plantea el trabajo en equipo en base a ciclos de desarrollo cortos denominados sprints, Ver Fig. 2. Un sprint dura un periodo que puede ir desde un par de semanas hasta un mes. Cada sprint se inicia con una reunión preparatoria, *Sprint Planning Meeting*, en la que se definen las historias de usuario que se van a realizar durante dicho sprint, denominado como *Sprint Backlog* y termina con la entrega del software producido al Cliente o *Product Owner*, para que lo pueda probar y ofrecer realimentación, en la denominada reunión de revisión (*Sprint Review*). El producto a desarrollar se define en el *Product Backlog* como el conjunto de historias de usuario del proyecto. Este *Product Backlog* es acordado entre el *Product Owner* y el *Scrum Team*. Al inicio de cada nuevo *Sprint*, se crea el *Sprint Backlog* como un subconjunto del *Product Backlog* con la participación del *Product Owner*, *Scrum Master* y *Scrum Team*. Para ello el enfoque principal se pone en maximizar el valor que se puede ofrecer durante el *Sprint*. De forma diaria durante el sprint se realizan con la participación de todos los miembros del *Scrum Team* reuniones de pie breves de no más de 15 minutos, denominadas como *Daily Scrum Meetings*. El hecho de hacerlas de pie contribuye a que estas reuniones sean breves. Cada miembro del *Scrum Team* debe contar su trabajo dando respuesta a las siguientes tres preguntas: que hizo ayer, que planes tiene para hoy y los problemas que encuentra que le pueden impedir realizar su trabajo en los próximos días. Al final de cada sprint, además de la *Sprint Review*, se puede realizar una reunión conocida como *Sprint Retrospective* cuyo propósito es reflexionar acerca del sprint que acaba de terminar tratando de identificar oportunidades de mejora.

Como se puede ver en las descripciones anteriores en Scrum se utilizan una serie de artefactos que son claves dentro de la metodología. El principal artefacto es el propio producto, pero hay otros tres que son clave:

1) *Product Backlog*. Historias de usuario que describen la funcionalidad necesaria desde la perspectiva del usuario.

2) *Sprint Backlog*. Es creado por el equipo el primer día de un sprint, durante la reunión de planificación. Contiene las historias que el equipo hará durante el sprint.

3) *Burndown Chart*. Son diagramas en los que se muestra el trabajo que queda en un sprint y la velocidad del equipo.

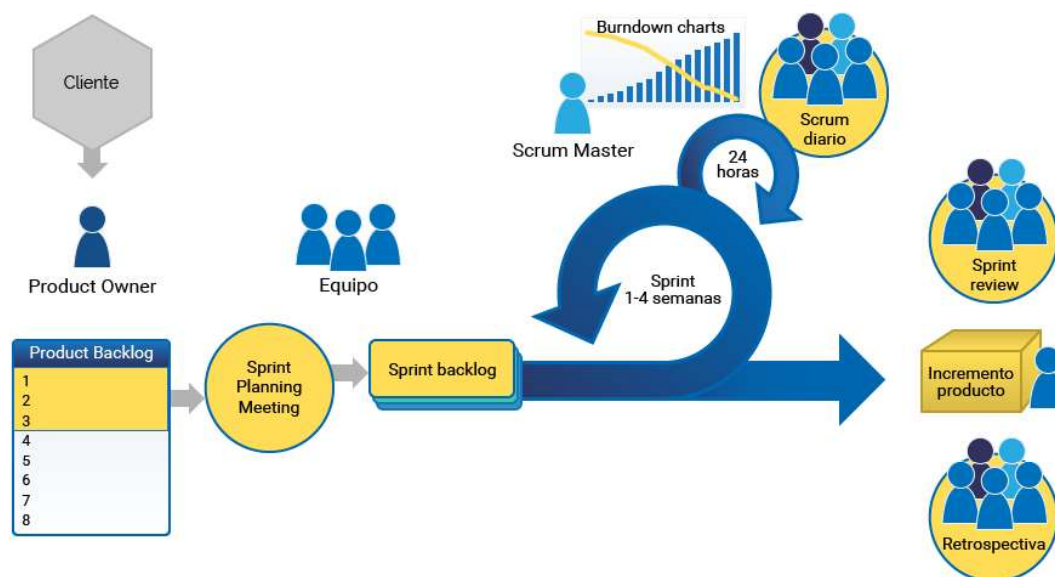


Fig. 2. Visión general de Scrum con artefactos y actividades

Para facilitar el desarrollo de las distintas actividades planteadas en Scrum se proponen varias técnicas y dinámicas. A continuación se introducen dos de las más relevantes.

A. Formulación de historias de usuario

En las metodologías ágiles la planificación de proyectos se aborda en base a las historias de usuario. Estas historias recogen lo que el cliente o usuario quiere que se implemente. Se trata de una descripción breve de una funcionalidad software tal y como la percibe el usuario [3]. Para la formulación de historias de usuario se suelen utilizar unas fichas o tarjetas en las que se incluyen los siguientes campos:

- 1) *Identificador.*
- 2) *Título.*
- 3) *Descripción.* Si bien el estilo puede ser libre, la descripción debiera responder a tres preguntas: ¿quién se beneficia? ¿qué se quiere? Y ¿cuál es el beneficio?
- 4) *Estimación.* Se trata una valoración numérica de la complejidad que se supone a la historia en cuanto al coste de su desarrollo por el equipo. Los puntos de esta valoración suelen denominarse puntos de historia. Aunque su propósito es representar el tiempo teórico de desarrollo para una persona, lo realmente importante es que la estimación para distintas tareas tenga mantenga una valoración relativa acorde. Es decir, que una historia que requiera el doble de esfuerzo que otra tenga una estimación que sea el doble.
- 5) *Valor.* Normalmente valoración numérica que aporta la historia de usuario para el cliente o usuario.
- 6) *Dependencias.* En general una historia de usuario no debería ser dependiente de otra, pero en ocasiones lo es y en esos casos es importante recoger dicha dependencia.
- 7) *Condiciones de satisfacción.* Relativas a pruebas de aceptación con las que determinar cuando se ha completado la historia.

Para el campo de descripción se recomienda seguir el siguiente patrón: “Como [rol de usuario] quiero [objetivo] para poder [beneficio]”. El objetivo del equipo es maximizar el valor y la satisfacción percibida por el cliente o usuario en cada sprint.

B. Estimación de la complejidad de las historias de usuario

Durante la planificación cada historia debe ser estimada en puntos de historia que representa su complejidad relativa desde el punto de vista de desarrollo. Más que ofrecer una estimación más o menos acertada, lo importante es tener una buena estimación e relación a otras historias de usuario. Por ejemplo, una historia de usuario que tenga el doble de puntos de historia que otra debiera requerir el doble de trabajo.

Para la estimación de los puntos de historia se puede utilizar la dinámica de *Planning Poker* (PP). Se trata de una actividad colaborativa en la que debe participar todo el equipo de desarrollo. Las historias de usuario se toman una a una del *Product Backlog*. Para cada historia, el *Product Owner* empieza explicando sus requisitos. A continuación, el equipo discute sobre el trabajo que supone y pregunta al *Product Owner* cuando requiere alguna aclaración. Cuando la historia ha sido discutida en profundidad, cada miembro del equipo de forma individual y privada estima el esfuerzo requerido y lo cuantifica con un número de puntos de historia que bien escribe en una tarjeta, o indica eligiendo una carta de la baraja (por ello lo de Póker). Si las estimaciones de los distintos miembros difieren mucho, los miembros comentan sus estimaciones, especialmente los que han hecho la estimación más alta y más baja. Después de la puesta en común, se vuelve a repetir el proceso de estimación individual utilizando las tarjetas o cartas hasta que se llegue a consenso.

Otra dinámica para la estimación de puntos de historia es el juego de estimación en equipo (TEG: *Team Estimation Game*). Esta dinámica surge porque en casos de *Product Backlogs* con

muchas historias de usuario la estimación con PP se suele hacer muy tediosa y requerir mucho tiempo [4]. Por ello, en el caso de TEG se propone una aproximación más global, teniendo en cuenta todas las historias de usuario al mismo tiempo en base a un proceso con dos pasos. En un primer paso, las historias de usuario se distribuyen en columnas de acuerdo a la estimación del esfuerzo requerido para completarlas. En un segundo paso, a cada columna se le asigna un número de puntos de historia. Para hacer esta dinámica se necesita un espacio bastante grande, e.g. un tablero, de forma que se puedan disponer sobre ella las tarjetas de todas las historias de usuario. De forma similar al PP los miembros del equipo toman las historias de usuario una por una. El primer miembro del equipo coge la primera tarjeta de la primera historia de usuario del *Product Backlog* y la sitúa en el tablero. Después, el siguiente miembro del equipo selecciona otra tarjeta y la sitúa en una posición relativa a la anterior. Las historias menos complejas se sitúan a la izquierda y las más complejas a la derecha. En caso de tener la misma complejidad se sitúan en la misma columna. Los miembros del equipo además de situar nuevas tarjetas en el tablero también pueden mover una tarjeta ya situada si consideran que el orden en el que está puesto no es adecuado, o pasar, si está de acuerdo con el orden relativo es adecuado y no hay más tarjetas. La dinámica se repite con la participación iterativa de cada uno de los miembros del equipo hasta que todos deciden pasar. De esta forma, el equipo pueden ver las tarjetas ordenadas en columnas de acuerdo a su complejidad y a continuación asignar a cada columna una estimación del esfuerzo

III. LEAN

Lean Manufacturing es una filosofía, convertida en modelo de gestión, enfocada a minimizar los recursos empleados para maximizar el valor entregado al cliente a través de un aumento de la productividad y de la calidad. En la filosofía Lean se reconocen cinco principios clave, cf. Fig. 3:

1) *Identificar valor para el cliente.* Identificar la características que necesita el cliente y eliminación de todas las actividades que no son de valor añadido y/o optimización del uso de los recursos escasos (capital, gente y espacio).

2) *Identificar la cadena de valor para cada producto/servicio.* Definir la secuencia de pasos para la obtención del producto final.

3) *Crear un flujo continuo.* Ejecución continua de las tareas del proceso, eliminando obstáculos.

4) *Procesos "Pull".* Los productos son solicitados por el cliente final, no empujados por el final de la producción. De esta forma se minimiza el desperdicio.

5) *Mejora continua.* Partir de que todo se puede mejorar. Se trata de reducir costes, mejorar la calidad, aumentar de la productividad y compartir la información.

Un punto clave dentro de la filosofía Lean es la eliminación de los desperdicios. En las actividades de fabricación se han identificado 7 fuentes principales de desperdicios que se utilizan para dirigir las mejoras: exceso de producción, esperas o tiempos muertos, transporte, sobre-procesamiento, producción de inventario, movimiento y productos defectuosos. En el ámbito del desarrollo software, pero también aplicable al

desarrollo de proyectos en general, también se han identificado cuestiones que son consideradas como desperdicios y que deberían minimizarse [5]:

1) *Errores en los desarrollos que requieren rectificación o que no satisfacen las necesidades del cliente.*

2) *Desarrollo de funcionalidades innecesarias o no solicitadas por el cliente.*

3) *Requisitos y diseños definidos por adelantado empleando periodos de tiempo excesivos, que cambian al modificarse las necesidades del cliente.*

4) *Realizar procesos innecesarios (como el exceso de burocracia) o con pasos innecesarios.*

5) *Reuniones innecesarias o demasiado largas e improductivas.*

6) *Esperas en el flujo de trabajo provocados por cuellos de botella: personas que esperan por trabajos que no se han entregado a tiempo.*

7) *El cambio de tareas constante provoca grandes pérdidas de tiempo.*

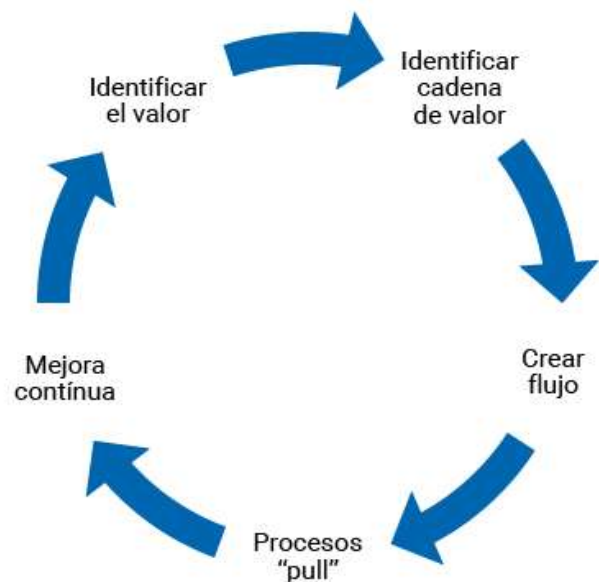


Fig. 3. Los cinco principios clave de la filosofía Lean

La filosofía Lean cuenta con una variante para el desarrollo de productos y empresas innovadoras conocida como Lean Startup [6]. La idea clave de esta filosofía se centra en reducir el mayor desperdicio que puede producirse cuando se está creando un producto nuevo: que no funcione o que no aporte valor al usuario final, es decir, que el cliente no esté dispuesto a pagar por ello. La metodología Lean Startup implica un conjunto de buenas prácticas pensadas para reducir el ciclo de desarrollo del producto, reducir el coste de dichos desarrollos y mejorar en el conocimiento de las verdaderas necesidades de los clientes. Algunas de estas prácticas son el prototipado rápido, la entrega de valor al cliente y el aprendizaje a través de la realimentación. Un concepto clave en esta metodología es el de Producto Mínimo Viable (MVP: *Minimum Viable Product*),

como el producto que de la forma más rápida posible se le puede dar al cliente y que este puede utilizar directamente. Lógicamente se tratará de un producto con una funcionalidad mínima, pero que debe aportar algún valor al cliente. Esto es clave para poder empezar a tener realimentación de calidad sobre el producto y con ello mejorar el desarrollo del mismo.

Los usuarios que testean los productos y proporcionan la realimentación se conocen como “*early adopters*”. Se trata de usuarios muy específicos cuya principal característica es ser pioneros en el uso de productos, sobre todo aquellos basados en la innovación tecnológica. Por ello, una cuestión relevante en el desarrollo de proyectos de acuerdo a esta aproximación es la identificación de un grupo fiable de “*early adopters*” que permitan asegurar el buen desarrollo del prototipo.

A. Prototipado rápido

Una de las mejores formas de avanzar en el desarrollo de un producto es realizando alguna forma de prototipado. En la metodología Lean Startup es clave el desarrollo de prototipos al menor coste posible y de la forma más rápida posible. El objetivo de los prototipos es obtener realimentación de los posibles usuarios finales y permitir “aprender” o validar las ideas al menor coste posible, reduciendo con ello posibles “desperdicios”. Esta visión parte de la idea de desarrollo del nuevo producto como un proceso de experimentación, que se inicia con la realización de una “hipótesis” o idea y para la que diseñamos un “prototipo” o experimento con la que validar dicha idea. Los prototipos nos permiten pensar sobre las soluciones de una forma diferente, sobre un producto tangible frente a unas ideas abstractas, así como a equivocarnos y aprender de forma rápida y barata, lo que largo plazo nos resulta más rentable.

El prototipado rápido es una herramienta de la metodología Lean que plantea el desarrollo de prototipos a bajo coste. En el contexto de desarrollo de proyectos innovadores no es necesario que los participantes tengan una gran experiencia, siendo incluso en ocasiones es más conveniente que no lo sean para facilitar el planteamiento de soluciones novedosas. El proceso de prototipado se inicia planteando los objetivos, que no deben ir dirigidos a la consecución de un diseño final definitivo, sino a buscar pequeños cambios incrementales sobre un diseño que va evolucionando. La realización de prototipos puede producirse a diferentes niveles de cercanía con el producto final. Por ejemplo, en el caso de aplicaciones informáticas se puede empezar con unos dibujos en papel que representen las distintas pantallas de la interfaz de usuario que permitan hacer una demostración de la futura interacción con el usuario pasando de un dibujo a otro. Para el prototipado de dispositivos tangibles, como el ratón de un ordenador, se pueden utilizar distintos materiales como cartón o piezas de plásticos que ayuden a reproducir el producto. En general se suele distinguir entre prototipos de baja fidelidad, como la realización de guiones (*storyboards*), esquemas, tarjetas o prototipos de “Mago de Oz”, en las que una persona se oculta y desarrolla el comportamiento esperado del producto, como una máquina expendedora de bebidas. Por otra parte también se pueden realizar prototipos de alta fidelidad, que tienen un parecido más cercano con el producto final y que incluso tienen un comportamiento similar al mismo. Durante la evolución de

un proyecto es habitual pasar de prototipos de baja fidelidad a uno de alta calidad.

En relación con la elaboración de prototipos en los que es necesario la elaboración de algún circuito electrónico e incluso placas es de destacar la variedad de opciones disponibles hoy en día. Además de los Arduinos, Raspberries, Beagle Bones y otros de la comunidad del hardware libre también es posible encontrar proveedores de componentes e incluso de elaboración de placas que por un precio reducido y de forma rápida facilitan el desarrollo de prototipos. Por ejemplo PCBway (<https://www.pcbway.com/>) es un proveedor chino que además de ser rápido, ofrece gran cantidad de opciones y control de la fabricación en todo momento.

IV. LABORATORIO DE PROYECTOS

En esta sección se presenta la experiencia en la asignatura Laboratorio de Proyectos en la que se están introduciendo las metodologías Scrum y Lean, tal y como se desarrolla en la Escuela de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad de XXX. La característica principal de esta asignatura es el desarrollo de proyectos en equipo. El objetivo de la misma es desarrollar una solución propia a un problema real, para lo cual los equipos tienen que enfrentarse a su análisis, planificación, diseño, realización de prototipos y pruebas.

La asignatura de Laboratorio de Proyectos se sitúa en el último cuatrimestre de los estudios de Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación. En paralelo con esta asignatura los alumnos deben realizar el TFG. Ambas asignaturas tienen la misma carga de trabajo para el alumno, siendo la diferencia fundamental entre ambas el trabajo en equipo frente al individual. Otras diferencias importantes vienen derivadas del carácter multidisciplinar de Laboratorio de Proyectos. Teniendo en cuenta las distintas especialidades del plan de estudios, a saber, Ingeniería Telemática, Tecnología Electrónica, Señal y Comunicaciones, y Sonido e Imagen, los proyectos deben involucrar el desarrollo de soluciones en al menos dos de estas disciplinas. Para ello los equipos se conforman con alumnos de distintas especialidades y cada equipo de alumnos es supervisado por dos tutores de distintas áreas. Esto marca una diferencia fundamental frente al carácter individual y por lo general unidisciplinario del TFG, en el que normalmente un único tutor se encarga de la supervisión de un único alumno trabajando en un proyecto con una temática específica. Por tanto, el carácter colaborativo y multidisciplinar de la asignatura de Laboratorio de Proyectos es una característica distintiva de la misma, lo que permite plantear objetivos de aprendizaje y competencias distintas pero también requiere del desarrollo de estrategias pedagógicas, organizativas y para la evaluación diferentes.

En la asignatura de Laboratorio de Proyectos se plantea la consecución de numerosas competencias, involucrando tanto competencias generales propias de la Ingeniería de Telecomunicación, como competencias específicas y competencias transversales relativas a la autonomía o al trabajo en equipo. En la Tabla 1 se incluyen todas las competencias de la asignatura. Para favorecer el trabajo en estas competencias consideramos que es importante los criterios elegidos para la elección de los proyectos. En concreto se establece como

criterio que los problemas reales, significativos y cercanos. No es un requisito que en el proyecto se desarrolle una solución innovadora en relación a productos ya desarrollados, pero sí que en la misma se tenga en cuenta las características específicas del problema real y cercano para el que se plantean. Este tipo de escenario requiere la puesta en práctica de las competencias indicadas.

TABLA I. COMPETENCIAS DE LABORATORIO DE PROYECTOS

Competencias Generales	Capacidad para redactar, desarrollar y firmar proyectos en el ámbito de la Ingeniería de Telecomunicación
	Capacidad para resolver problemas con iniciativa, para la toma de decisiones, la creatividad y para comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas, comprendiendo la responsabilidad ética y profesional de la actividad de Ingeniero de Telecomunicación
	Facilidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
	Conocer y aplicar elementos básicos de economía y de gestión de recursos humanos, organización y planificación de proyectos, así como de legislación, regulación y normalización en las Telecomunicaciones
	Capacidad para trabajar en un grupo multidisciplinar y en un entorno multilingüe y de comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.
	Saber aproximarse a un problema nuevo abordando primero lo esencial y después lo accesorio o secundario.
	Desarrollo de la capacidad de discusión sobre cuestiones técnicas.
Competencias Específicas	Capacidad para la elaboración de propuestas de proyectos técnicos conforme a los requerimientos especificados en una convocatoria.
	Capacidad para la dirección técnica de un proyecto de telecomunicación.
	Capacidad para la gestión económica y de recursos humanos de un proyecto de telecomunicación.
	Capacidad para la elaboración de informes técnicos y de seguimiento de un proyecto de telecomunicación.
Competencias Transversales	Desarrollar la autonomía suficiente para llevar a cabo trabajos del ámbito temático de las Telecomunicaciones en contextos interdisciplinares.
	Concebir la Ingeniería en un marco de desarrollo sostenible.
	Favorecer el trabajo cooperativo, las capacidades de comunicación, organización, planificación y aceptación de responsabilidades en un ambiente de trabajo multilingüe y multidisciplinar, que favorezca la educación para la igualdad, para la paz y para el respeto de los derechos fundamentales.

La aproximación pedagógica principal de la asignatura es la conocida como “aprender haciendo” (*learning by doing*). De acuerdo a esta aproximación, son los alumnos los que aprenden a través de su propia experiencia práctica. El desarrollo de esta aproximación no es en absoluto extraño a los estudios de ingeniería, especialmente en relación a los antiguos PFC. En ambos casos el alumno se debe enfrentar por sus propios medios a la resolución de un problema significativo, o proyecto, que debe tratar de resolver con la guía y supervisión de un tutor. El papel del tutor es secundario, siendo la responsabilidad y el trabajo principal de los alumnos. Algunas cuestiones a destacar en el desarrollo de la asignatura, que en la

práctica sustenta esta aproximación, son la carga de trabajo de tutores y alumnos y la firma de un acuerdo sobre los derechos de los posibles resultados derivados del proyecto. En cuanto a la carga de trabajo, cada alumno tienen que dedicar 20 horas semanales, mientras que cada tutor solo 1 hora cada 2 semanas. En cuanto a la firma del acuerdo sobre derechos, la misma sólo se hace entre los alumnos del equipo, que tal y como reconoce la legislación española vigente son los únicos y exclusivos propietarios de sus trabajos académicos. Estas dos cuestiones sitúan con claridad la responsabilidad del proyecto y la necesidad de que los alumnos realicen por sí mismos las tareas que requiera tanto la planificación como el desarrollo del proyecto. De forma adicional también puede jugar un papel importante y reforzar esta aproximación el hecho de que los alumnos pueden elegir el problema a resolver en su proyecto. No es algo obligatorio, pero aquellos alumnos que quieran constituir un equipo escogiendo a sus compañeros deben proponer un problema. Con ello se pretende aumentar la motivación del equipo, incentivar su iniciativa y contribuir a que los equipos asuman el proyecto como suyo y por tanto se comprometan en mayor medida con la responsabilidad de su desarrollo. Los alumnos que no hacen una propuesta de un proyecto son asignados de forma arbitraria a distintos equipos.

En cuanto a las características organizativas es donde entran en juego las propuestas de las metodologías ágiles, concretamente Scrum y Lean. El curso dura 15 semanas y se sitúa en el segundo cuatrimestre del cuarto curso del Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación. El diseño del curso se basa en la metodología Scrum y el mismo se organiza en base a 4 o 5 sprints. El primer sprint dura 4 semanas y sirve como preparación del proyecto. El resto de los sprints duran entre 2 y 3 semanas, aunque los equipos tienen libertad para plantear su duración. Durante el sprint inicial, además del trabajo en equipo, tienen lugar algunas clases en las que se explica a los alumnos las ideas y principios de Scrum junto con algunas de sus prácticas. También se introducen los principios de Lean y se introducen prácticas sobre la realización de presentaciones e informes escritos. Al final de este sprint inicial, cada equipo debe realizar una pequeña presentación a modo de *Sprint Review* en la que presenta el problema, las historias de usuario que constituyen su *Product Backlog*, su planificación en *Sprints* teniendo en cuenta la estimación del esfuerzo, y los prototipos que van a desarrollar de acuerdo a su plan de trabajo. El resto de sprints se desarrollan de acuerdo a la estructura propia de desarrollo. Cada sprint empieza con una reunión de planificación en la que los miembros del equipo negocian los contenidos de la siguiente iteración con el *Product Owner* y desarrollan la versión inicial del *Sprint Backlog*. Durante el sprint, el equipo se reúne de forma regular en las *Daily Scrum Meetings*. Al final del sprint, tienen lugar las reuniones de revisión de sprint y de retrospectiva desSprint con los tutores. En la reunión de revisión, los alumnos presentan sus resultados mientras que en la reunión de retrospectiva se revisa el proceso de desarrollo tratando de encontrar puntos de mejora.

Como herramientas de soporte para el trabajo en equipo se recomienda Trello en cuanto a la organización, y planificación de tareas, Slack para la comunicación y Wikispaces como herramienta para el mantenimiento de la documentación del

proyecto. En cualquier caso, cada equipo tiene libertad para elegir y utilizar las herramientas que considere convenientes.

En cuanto a la evaluación, cabe destacar que se hace una evaluación plural en la que participa tanto un tribunal único que evalúa todos los proyectos, como los tutores y los miembros del equipo que participan en la evaluación de los proyectos en los que han estado involucrados. Cada uno de estos evaluadores se ocupa de la valoración de distintas competencias, teniendo en cuenta las evidencias generadas. La evaluación del tribunal es realizada en base a los siguientes resultados: una memoria breve, de no más de 10 páginas, en la que el equipo resume todo su trabajo; una presentación de 10 minutos en la que participan todos los miembros del equipo y que va seguida de un turno de 10 minutos por parte de un tribunal; y una sesión de tipo “feria” en la que el equipo presenta su proyecto, incluyendo el prototipo final desarrollado y un póster, a todos los alumnos, profesores y personal de la escuela. Esta “feria” de proyectos acostumbra a ser un gran evento en la escuela, lo cual motiva de forma significativa el trabajo en sus proyectos porque los ven expuestos y valorados más allá de los trabajos que realizan en otras asignaturas.



Fig. 4. Miembros de un equipo presentando su proyecto con su prototipo y su póster

V. RESULTADOS OBTENIDOS Y PROBLEMAS ENCONTRADOS

La asignatura de Laboratorio de Proyectos tuvo su primera edición en el curso 2013-2014. En este curso 2017-2018, en su quinta edición, se está introduciendo en la misma el uso de las metodologías Scrum y Lean, aunque en las ediciones anteriores algunos equipos de forma independiente ya utilizaron algunas prácticas propias de dichas metodologías.

Durante el presente curso académico, en el momento de escribir este artículo, los equipos han completado el primer Sprint. Se han realizado la formación inicial en las metodologías Scrum y Lean y las primeras reuniones de revisión y retrospectiva. De forma especial cada equipo ha realizado una presentación breve de 7 minutos en la que resume los puntos más relevantes de su trabajo y donde en general se ha valorado como positiva la utilización de estas metodologías para la realización de los proyectos.

A partir de ahora se plantea la recogida de datos de cara a la investigación de la experiencia. A lo largo del cuatrimestre los alumnos designados como *Product Owner* y *Scrum Master* serán preguntados en relación a su experiencia. Se les preguntará por su experiencia con las distintas actividades y artefactos Scrum: adecuación del *Product Backlog*, precisión de las estimaciones de esfuerzo, mantenimiento del *Sprint Backlog*, carga de trabajo administrativa, co-operación con el *Scrum Master* y el *Product Owner*, calidad del trabajo en equipos, adecuación de la carga de trabajo, satisfacción general con el proyecto y satisfacción general con la metodología. También se indagará sobre las herramientas utilizadas para apoyar su trabajo en cuanto a su utilidad y las dificultades que han tenido con el uso de los mismos. Para evaluar la extensión con la que los estudiantes son capaces de sacar partido a las metodologías se les preguntará a todos los participantes sobre su nivel de acuerdo o desacuerdo con 9 afirmaciones indicadas en [7], ver Tabla II. Para cada opción se utilizará una escala de Likert de 5 opciones.

TABLA II. SCRUM BENEFITS

1	El producto se desarrolla como una serie de partes manejables
2	Se ha progresado, incluso cuando los requisitos no eran estables
3	Todo es visible para todo el mundo
4	Las comunicaciones han sido buenas
5	El equipo comparte éxitos a lo largo del desarrollo y al final
6	Los clientes han podido ver entregas de incrementos en tiempo
7	Los clientes obtienen información frecuente sobre como funciona realmente el producto
8	Se ha desarrollado una relación con el cliente, creando confianza y aumentando el conocimiento
9	Se ha creado una cultura donde todo el mundo espera que el proyecto tenga éxito

VI. CONCLUSIONES

Como conclusiones de este artículo se puede indicar que la integración de Scrum y Lean, en particular la vertiente Lean Startup, para el desarrollo de proyectos en el ámbito de la Ingeniería de Telecomunicación es posible y que puede mejorar la preparación de los alumnos como ingenieros. Estas metodologías preparan a los alumnos para desarrollar proyectos en equipo y en situaciones de incertidumbre en relación al producto a desarrollar. Se trata de metodologías que se adaptan bien a las competencias a desarrollar y que por otra parte se están imponiendo en la industria, donde cada vez son más utilizadas y demandadas para su personal.

En el artículo se muestra que el diseño de la asignatura no sólo permite la introducción de las metodologías, sino que las mismas se ajustan de una forma bastante directa a las necesidades y objetivos que se pretenden cubrir. La experiencia de algunos equipos que en años anteriores adoptaron estas metodologías de forma voluntaria nos hace ser optimistas sobre los resultados previstos. En cualquier caso, aún es una tarea pendiente recoger los datos correspondientes a la experiencia que se está desarrollando en este curso y analizarlos para determinar el mayor o menor éxito e identificar posibles problemas.

ACKNOWLEDGMENT

Este trabajo cuenta con el apoyo del proyecto LEAP 2016-1-EL01-KA203-023624 financiado por la Comisión Europea a través de la acción KA2 del programa Erasmus+ que tiene como propósito promover la implantación de metodologías ágiles y Lean en educación superior.

REFERENCES

- [1] B. Boehm, "Get Ready for agile methods, with care," *Computer*, vol. 35, no. 1, pp. 64-69, 2002.
- [2] K. Beck, M. Beedle, A. Van Bennekum, A. Cockburn, W. Cunningham, M. Fowler, et al., "Manifiesto for agile software development", 2001.
- [3] M. Cohm, "User stories applied: For agile software development," Addison-Wesley Professional, 2004.
- [4] M. Poženel, y V. Mahnič, "Studying agile software estimation techniques: the design of an empirical study with students," *Global Journal of Engineering Education*, vol. 18, no. 2, 2016.
- [5] M. Poppendieck, y T. Poppendieck, "Lean software development: an agile toolkit," Addison-Wesley, 2003.
- [6] E. Ries, "The lean startup: How today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses," Crown Books, 2011.
- [7] L. Rising, y N. S. Janoff, "The Scrum software development process for small teams," *IEEE software*, vol. 17, no. 4, pp 26-32, 2000.