

Máster en Sistemas Inteligentes
Trabajo Fin de Máster
Julio, 2013

Análisis de integración de soluciones basadas en
software como servicio para la implantación de
ecosistemas tecnológicos corporativos

Alicia García Holgado



VNiVERSiDAD
D SALAMANCA

Departamento de Informática y Automática
Universidad de Salamanca

Dirigido por:

Dr. Francisco J. García Peñalvo

Información de los Autores:

Alicia García Holgado

Grupo de investigación GRIAL, Departamento de Informática y Automática,
Universidad de Salamanca

Instituto Universitario de Ciencias de la Educación (IUCE)

Paseo de Canalejas 169

37008 Salamanca, España

aliciagh@usal.es

Este documento puede ser libremente distribuido.

(c) 2013 Departamento de Informática y Automática - Universidad de Salamanca.

Agradecimientos

En primer lugar quiero dar las gracias a mi familia de GRIAL, con la que he compartido más de cuatro años de mi vida y con la que espero poder seguir compartiendo tristezas y alegrías, noches en vela y meses llenos de *deadlines*.

Gracias también a mi familia y en especial a mi hermana por ser como es y estar siempre pendiente de mí, incluso cuando en mitad de unas vacaciones me fastidio el pie o cuando la hago esperar para salir de trabajar.

A pesar de ser el “culpable” de mi estrés durante este año, no puedo olvidar dar las gracias a mi tutor, porque además de tutor es mi jefe, y más allá de eso forma parte de mi familia, la de GRIAL. Gracias por no haber huido esos días en los que el Máster y el trabajo me desbordaban y era mejor no hablarme, y por guiarme en este trabajo incluso en la distancia.

Por último dar las gracias a mis amigos. A lo largo de nuestra vida conocemos a cientos, incluso miles de personas, pero solo unas pocas perduran en el tiempo. Esas personas, las que atamos con un nudo muy fuerte para que no se escapen, son a las que también quiero dar las gracias. Todos esos amigos que no se han quedado por el camino, que han sabido entender como soy y seguir lidiando con mis días buenos y los no tan buenos, que han desistido de entender mis peculiares gustos artísticos pero que me escuchan cuando el cartero aparece en la puerta con un nuevo paquete a mi nombre. Podría nombrarlos a todos pero no es necesario, ellos saben quiénes son, desde los que llevan años conmigo hasta los que he pescado con lazo este año.

Resumen

El *software* como servicio y la orientación 2.0, con independencia del dominio, constituyen la realidad tecnológica de las empresas e instituciones. Actualmente existen aplicaciones *software Open Source* potentes que cubren la mayoría de las necesidades TIC de cualquier entidad, tanto para su operatividad como para la gestión de sus procesos internos. Por tanto, el problema no reside en la falta de soluciones tecnológicas sino en lograr que la integración no sea *ad-hoc*. En este punto entra en juego el concepto de *mashup*, que en el contexto de este trabajo se extiende para considerar un sistema de información basado en web que combine componentes de más de una fuente para conformar un servicio completo.

Mediante este trabajo de fin de Máster se pretende estudiar cómo obtener *mashups* con una alta flexibilidad y adaptabilidad a las necesidades, tanto del usuario final como del técnico o especialista. Este tipo de solución constituye lo que viene a denominarse ecosistema tecnológico, donde cada uno de los componentes del sistema es un organismo con un ciclo de vida independiente, y el medio físico donde se relacionan abarcará la integración y los flujos de información entre dichos componentes. Para ello se estudiarán soluciones en diferentes ámbitos como empresas, la Administración Pública o instituciones educativas. Con los principales resultados y conclusiones de dichos estudios se define un patrón arquitectónico para un ecosistema tecnológico de aprendizaje que se aplica en un nuevo dominio.

Palabras clave: Ecosistema Tecnológico, Ecosistema *eLearning*, *software Open Source*, Servicios Web, Patrón Arquitectónico

Abstract

Software as a service and 2.0 trends, independently of the application domain, constitute the technological reality of the enterprises and institutions. Currently, there exist very powerful Open Source software applications that cover most of the ICT needs of any institution, both for its operation and internal processes management. Therefore, the problem is not the lack of technological solutions but to achieve a not ad-hoc integration. With regard to it, the mash-up concept is extended in the context of the current work to consider a web-based information system that combines components from different sources to form a complete service.

This Master Thesis is devoted to study how to get mash-ups with high flexibility and adaptability to the needs of both the end user and the technician or specialist. This kind of solution is so called technological ecosystem, where each of its components is like an organism with an independent life cycle, and the physical medium, where the components are related, covers the integration and the information flows among them. In order to do that, provided solutions in several cases are studied regarding education and learning and involving different scopes such as enterprises, public administrations or educational institutions. With the main outcomes and conclusions of these studies an architectural pattern for a technological ecosystem in education is proposed and applied into a new domain.

Keywords: Technological Ecosystem, eLearning Ecosystem, software Open Source, Web Services, Architectural Pattern

Trabajos previos relacionados

A continuación se enumeran los trabajos previos más destacados relacionados con los ecosistemas tecnológicos analizados en este estudio.

- **Alicia García Holgado**. Grial 2.0 Una propuesta de integración de servicios y aplicaciones web en un portal académico personalizable. <http://grialospace.usal.es:443/handle/grial/256>, 2011.
- Francisco José García-Peñalvo, Valentina Zangrando, **Alicia García-Holgado**, Miguel Ángel Conde-González, Antonio M. Seoane Pardo, Marc Alier, Jose Janssen, Dai Griffiths, Aleksandra Mykowska, and Gustavo Ribeiro Alves. TRAILER project overview: Tagging, Recognition and Acknowledgment of Informal Learning Experiences. In *Computers in Education (SIIE), 2012 International Symposium on*, pages 1–6. IEEE, 2012.
- Francisco José García-Peñalvo, Miguel Ángel Conde-González, Valentina Zangrando, **Alicia García-Holgado**, Antonio M. Seoane Pardo, Marc Alier, Nikolas Galanis, Francis Brouns, Hugh Vogten, Dai Griffiths, Aleksandra Mykowska, Gustavo Ribeiro Alves, and Milos Minović. TRAILER project (Tagging, Recognition, Acknowledgment of Informal Learning Experiences). a Methodology to make visible learners' informal learning activities to the institutions. *Journal of Universal Computer Science*, 2013. (JCR)
- Miguel A. Conde, Francisco García-Peñalvo, María J. Rodríguez-Conde, Marc Alier, and **Alicia García-Holgado**. Perceived openness of Learning Management Systems by students and teachers in education and technology courses. *Computers in Human Behavior*, 2013. (JCR)

Índice

Índice de figuras	VI
Índice de tablas	VII
1. Introducción	1
1.1. Ecosistemas tecnológicos para los procesos de enseñanza/aprendizaje en las corporaciones	1
1.2. Objetivos	4
1.3. Metodología	5
1.4. Estructura del informe	9
2. Estado del arte	11
3. Casos de estudio	21
3.1. Universidad Virtual	23
3.1.1. Análisis interno ecosistema institucional	28
3.1.2. Análisis externo ecosistema institucional	30
3.2. GRIAL 2.0. Una propuesta de integración de servicios y aplicaciones web en un portal académico personalizable	31
3.2.1. Análisis interno GRIAL 2.0	35
3.2.2. Análisis externo GRIAL 2.0	36
3.3. Tagging, Recognition and Acknowledgment of Informal Learning Experiences (TRAILER)	38
3.3.1. Análisis interno TRAILER	42
3.3.2. Análisis externo TRAILER	44
4. Propuesta arquitectónica	45
4.0.3. Análisis interno Administración Pública	51
4.0.4. Análisis externo Administración Pública	53
5. Conclusiones	55
6. Agradecimientos	57
Bibliografía	59

Índice de figuras

1.	Evolución de la web [38]	1
2.	Penetración de los móviles a nivel mundial [42]	2
3.	Ciclos Investigación-Acción [49]	7
4.	Matriz DAFO (http://runningpacense.blogspot.com.es/2012/02/analisis-dafo-de-mis-posibilidades-en.html)	9
5.	Proceso Scrum por Maxie Ayala [CC-BY-SA-3.0], via Wikimedia Commons	10
6.	Evolución de las soluciones tecnológicas en el ecosistema de negocios (http://www.digital-ecosystems.org)	13
7.	Ecosistema digital basado en agentes inteligentes [12]	14
8.	Mapa conceptual de la relación entre ecosistema natural y ecosistema digital [43]	15
9.	Arquitectura de un ecosistema <i>eLearning</i> basada en una infraestructura de <i>cloud computing</i> [8]	19
10.	Ecosistema marino [58]	22
11.	Ecosistema terrestre [59]	22
12.	Arquitectura de la Universidad Digital [30]	23
13.	Capas de la arquitectura de la Universidad Digital [30]	24
14.	Implantación de la Universidad Virtual (basado en el esquema de García Peñalvo [30])	26
15.	Componentes del ecosistema tecnológico de GRIAL	32
16.	Esquema de flujos de disseminación del ecosistema tecnológico de GRIAL	34
17.	Aproximación metodológica del ecosistema TRAILER	40
18.	Arquitectura del ecosistema TRAILER [33]	42
19.	Análisis comparativo de los ecosistemas tecnológicos	46
20.	Propuesta de patrón arquitectónico	50
21.	Arquitectura del ecosistema tecnológico para la Administración Pública	52

Índice de tablas

1. Ficha resumen del proyecto TRAILER	38
---	----

1. Introducción

El *software* como servicio y la orientación 2.0, con independencia del dominio, constituyen la realidad tecnológica de las empresas e instituciones. Actualmente existen aplicaciones *software Open Source* potentes que cubren la mayoría de las necesidades TIC de cualquier entidad, tanto para su operatividad como para la gestión de sus procesos internos. Por tanto, el problema no reside en la falta de soluciones tecnológicas sino en lograr que la integración no sea *ad-hoc*.

1.1. Ecosistemas tecnológicos para los procesos de enseñanza/aprendizaje en las corporaciones

La constante evolución de la tecnología en el ámbito de la computación, más concretamente de las redes de información y los dispositivos que acceden a dichas redes, ha supuesto una evolución en el desarrollo de soluciones *software*. La aparición en 2004 de la Web 2.0 [50] supuso un cambio radical en la forma de percibir el uso de Internet (Fig. 1). Las páginas web con contenido estático creadas por unos pocos usuarios con los conocimientos de HTML (*HyperText Markup Language*) necesarios dejaban paso a una web dinámica en la que el espectador se convierte en creador, ya que puede aportar sus propios contenidos de manera sencilla.

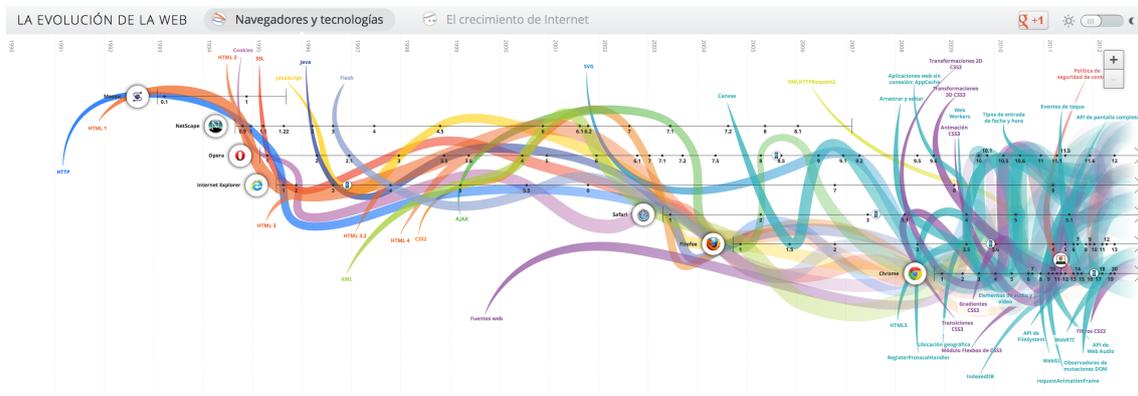


Figura 1: Evolución de la web [38]

Hace tan solo una década el desarrollo *software* se centraba en la definición de aplicaciones de escritorio que fueran compatibles con el sistema operativo de los usuarios finales. Actualmente tanto los usuarios como las empresas de *software* han ido abandonando este tipo de aplicaciones estancas para pasar a utilizar y desarrollar aplicaciones *software* basadas en la Web 2.0. Unido a esto, la alta penetración de los dispositivos móviles en la sociedad Fig. 2, ha generado una gran demanda de aplicaciones accesibles desde cualquier tipo de dispositivo, lo que acentúa más la tendencia de las organizaciones de moverse hacia un modelo de *cloud computing* [11] [64] para cubrir sus necesidades, tendiendo al uso de soluciones *Software as a Service* (SaaS), un modelo de implementación *software* donde las aplicaciones

Análisis de integración de soluciones basadas en *software* como servicio para la implantación de ecosistemas tecnológicos corporativos

están alojadas remotamente por el proveedor de la aplicación o servicio y puestas a disposición del cliente bajo demanda a través de Internet [62].

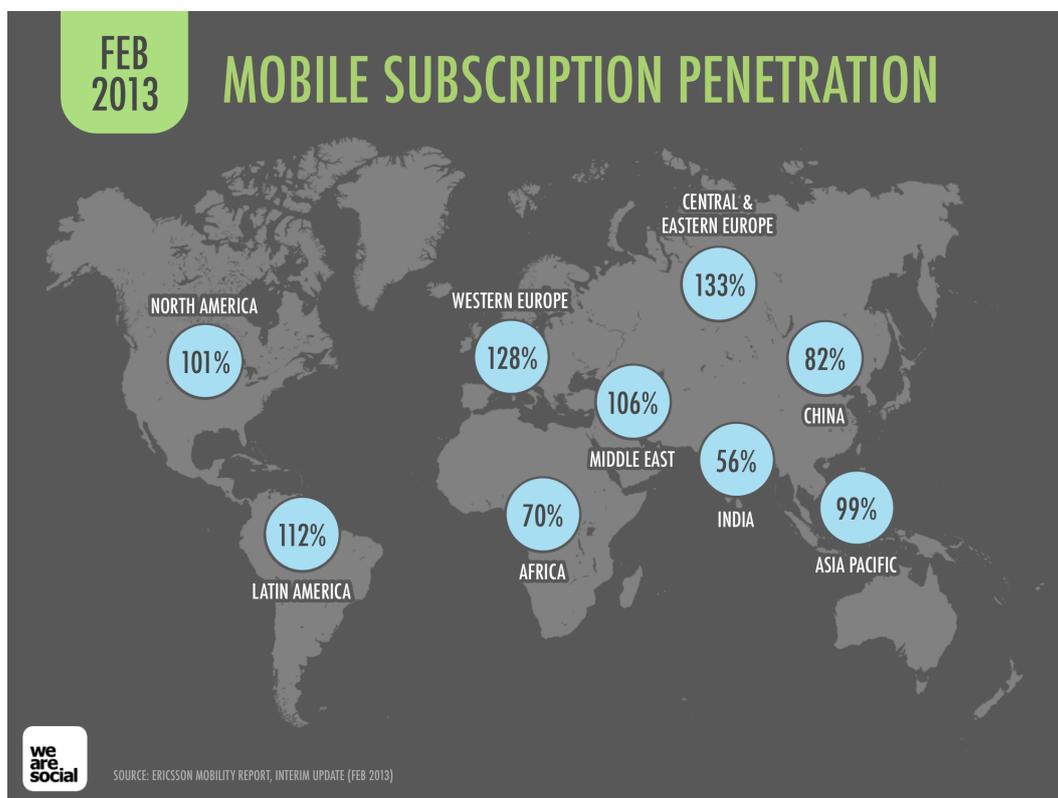


Figura 2: Penetración de los móviles a nivel mundial [42]

El cambio de paradigma, junto a la aparición de una gran variedad de *frameworks* para el desarrollo de este tipo de soluciones, ha provocado una explosión en el desarrollo de aplicaciones *software* basadas en la Web así como de aplicaciones para dispositivos móviles. Existe una sobrecarga de soluciones *software* con un mismo objetivo, de tal manera que, en muchas ocasiones, el problema no reside tanto en el desarrollo de soluciones *software* sino en la elección de la mejor solución de las que ya existen.

Paralelamente a la vertiginosa evolución de la tecnología, el concepto de *Software Libre* [61] y desarrollos *Open Source* [39] ha tomado fuerza y cada vez son más las empresas e instituciones que apuestan por este tipo de desarrollos. Un claro ejemplo de ello es la estrategia de la Comisión Europea para utilizar de forma interna *software Open Source* [13] [24] o la apuesta por el conocimiento y el uso del *software* libre del Gobierno de España mediante el Centro nacional de Referencia de Aplicación de las TIC basadas en fuentes abiertas (CENATIC) [48].

Las entidades, desde la pequeña empresa hasta la Administración Pública, generan una gran cantidad de conocimiento. La importancia de darle valor a dicho conocimiento ha ido en incremento a lo largo de los últimos años, unido a la creciente capacidad tecnológica para almacenar y difundir la información. Hoy en día, son pocas las empresas e instituciones que no tienen entre sus objetivos estratégi-

cos realizar una correcta gestión del conocimiento que generan, de tal forma que este revierta en beneficios para la propia entidad. A grandes rasgos, los principales beneficios que el conocimiento generado puede reportar a una entidad, independientemente del tipo de entidad que sea, son dos. En primer lugar, una buena gestión del conocimiento, y por tanto de la información, permite mejorar los flujos de trabajo y proporciona las vías necesarias para la toma de decisiones. En entidades de pequeño tamaño esta ventaja puede ser menos evidente pero si se toma una institución de gran envergadura o un grupo de empresas, la toma de decisiones es un proceso complejo cuyo resultado conlleva graves consecuencias si no se tienen en cuenta todas las variables que, con una correcta gestión del conocimiento, se puede determinar de forma más clara los valores de dichas variables. En segundo lugar, una buena gestión del conocimiento incluye procesos y métodos para darle visibilidad, si no a todo, a una parte con el fin de llegar al público de interés. Una empresa o una institución que no tiene presencia en Internet, que no muestra los logros conseguidos, las mejoras en las que invierte sus esfuerzos, tiene fecha de caducidad.

En este contexto, las empresas e instituciones están realizando una fuerte apuesta por la orientación 2.0 y el *software Open Source* como pilares fundamentales para cubrir sus necesidades tecnológicas, tanto para su funcionamiento interno como para su visibilidad de cara al público.

Existe un gran abanico de soluciones *software Open Source* que cubren las necesidades TIC básicas de una entidad, desde aplicaciones para la gestión de contenidos o de la formación hasta herramientas para la toma de decisiones o la planificación temporal. Por tanto, el problema no reside en el desarrollo de dichas soluciones, sino en la elección e integración de las mismas para que los flujos de información se adapten a las peculiaridades propias de cada entidad. Este tipo de soluciones, denominadas ecosistemas tecnológicos y cuya definición se plantea a continuación, permiten centrarse en la información, en el conocimiento, para dejar de lado la tecnología subyacente.

El término ecosistema tecnológico se utiliza para definir un conjunto de componentes *software* que se relacionan entre sí mediante flujos de información en un medio físico que proporciona el soporte para dichos flujos. Si se toma la definición más sencilla de ecosistema natural se habla sobre un conjunto de organismos vivos y un medio físico donde se relación. Si se observa ambas definiciones se ve una clara analogía entre un ecosistema natural y un ecosistema tecnológico, los componentes *software* desempeñan la labor de organismos vivos del ecosistema tecnológico, interactuando con otros organismos y viéndose condicionados por el medio físico que les rodea. Al igual que ocurre en un ecosistema natural, el ecosistema tecnológico cumple los tres principios básicos de la ética ecológica:

- En un ecosistema todos los seres vivos son interdependientes y se necesitan entre sí. Lo mismo ocurre en un ecosistema tecnológico, donde cada componente se relaciona con otros componentes. Si un componente es totalmente independiente entonces no forma parte del ecosistema.
- La estabilidad de los ecosistemas depende de su diversidad. Un ecosistema

tecnológico es más estable cuantas más posibilidades y opciones ofrezca pero manteniendo una armonía, unidad, seguridad y coherencia entre sí.

- Todas las materias primas son limitadas y existen límites en el crecimiento de todos los sistemas vivos. El ecosistema tecnológico debe crecer de manera controlada. La evolución del sistema sin un fin concreto, una necesidad, puede llevar a tener un ecosistema insostenible que no cumple con la finalidad para la que se desarrolló.

Cabe destacar que una de las características fundamentales de un ecosistema tecnológico es la capacidad del sistema para soportar los cambios y adaptarse a las necesidades de los usuarios a lo largo del tiempo. Para que esto ocurra los componentes *software* que forman el ecosistema deben ser capaces de adaptarse a los cambios. Según Darwin “*It is not the strongest of species that survive, nor the most intelligent, but the ones most adaptable to change.*” [17]. Traducido al contexto tecnológico, no pervive en el ecosistema aquel componente que es más robusto, o que aporta la funcionalidad clave, sino el que mejor se adapta a los cambios del conjunto de componentes con los que coexiste.

El ecosistema tecnológico se puede orientar a diferentes ámbitos. Si el ecosistema está orientado a la gestión de la formación se denomina ecosistema de aprendizaje o ecosistema *eLearning* [16] [63]. También puede orientarse a la creación de un espacio integral de gestión de la información interna/externa de la entidad o a la gestión de procesos internos, la implementación de herramientas y procesos de social media, o una combinación de estas soluciones.

El GRupo de Investigación en InterAcción y *eLearning* (GRIAL) de la Universidad de Salamanca (<http://grial.usal.es>), desde su nacimiento en 2006, ha trabajado en la mejora y evolución de los ecosistemas tecnológicos, de forma que la gestión estratégica del conocimiento y de la tecnología es una de sus principales líneas de investigación. Gracias al carácter interdisciplinar de sus miembros, procedentes de tres ámbitos de investigación bien diferenciados pero que se complementan (la Ingeniería Informática, la Educación y la Teoría de la Comunicación), el planteamiento de los ecosistemas tecnológicos ha podido llevarse a cabo en contextos muy variados, lo que ha permitido aprender de las experiencias e incorporar los resultados de investigación generados en las otras líneas de investigación que desarrolla el grupo, todas ellas estrechamente vinculadas entre sí de manera transversal (sistemas interactivos para el aprendizaje, las tecnologías para el aprendizaje, la ingeniería web y la arquitectura del *software*, la metodología del aprendizaje *online*, la calidad y evaluación en educación, la teoría de la comunicación) [29].

1.2. Objetivos

Este Trabajo de Fin de Máster persigue dos claros objetivos. En primer lugar, se pretende establecer un patrón arquitectónico de un ecosistema tecnológico para la gestión de la formación en contextos corporativos a partir del análisis de experiencias previas en las que, mediante el uso de soluciones *software* basadas en servicios, se ha

realizado una integración para implementar un ecosistema tecnológico que cubriera las necesidades de información en tres contextos diferentes, una universidad, un grupo de investigación y un proyecto europeo que abarca tanto instituciones como empresas. Cada caso analizado ha tenido lugar en periodos de tiempo distintos, de tal forma que las experiencias acumuladas en los ecosistemas tecnológicos previos han servido de realimentación para la implantación de los ecosistemas definidos e implementados posteriormente.

En segundo lugar, pero no por ello menos importante, este trabajo pretende sentar las bases para una futura tesis doctoral, para lo que se van a identificar y definir las líneas de investigación que permitan incorporar la gestión del conocimiento y el apoyo a la toma de decisiones en los ecosistemas tecnológicos para el aprendizaje corporativo.

1.3. Metodología

La investigación se plantea como una continua evolución derivada de los conocimientos adquiridos en experiencias previas y mediante la aplicación de los resultados obtenidos en los siguientes casos. Para ello se ha tomado como marco metodológico para la investigación el paradigma Investigación-Acción [45].

El término Investigación-Acción tiene su origen en los trabajos llevados a cabo por el psicólogo Kurt Lewin entre 1946 y 1952 cuya intención era establecer una forma de investigación que integrara la experimentación científica con la acción social. Lewin defiende la idea de compatibilizar la creación de conocimientos científicos en el ámbito social con la intervención directa de la comunidad implicada [45].

La Investigación-Acción es una forma de estudiar, de explorar, una situación con la finalidad de mejorarla involucrando a los actores implicados en la realidad investigada [54]. En el contexto de este trabajo, el elemento central de la Investigación-Acción son los ecosistemas tecnológicos y los principales actores involucrados son, por un lado, los usuarios del ecosistema divididos en dos roles principales, el estudiante o trabajador que accede a un conjunto limitado de herramientas en función de sus necesidades, y un perfil más especializado como puede ser el docente o el *Community Manager*. Por otro lado, la entidad, bien sea una empresa o una institución, que proporciona el contexto en el que darle cabida al ecosistema tecnológico como herramienta para gestionar el conocimiento que genera.

Según Baskerville [5] la Investigación-Acción se utiliza para referirse a una clase general de métodos de investigación social que tienen en común las siguientes características:

- Orientación a la acción y al cambio.
- Focalización en un problema.
- Un modelo de proceso orgánico que engloba etapas sistemáticas y algunas veces iterativas.

- Colaboración entre los participantes.

Kemmis en 1984 [41] plantea la Investigación-Acción como una forma de indagación autorreflexiva llevada a cabo por quienes participan en las situaciones sociales con el fin de mejorar sus propias prácticas sociales o educativas, así como su comprensión de las mismas y de las situaciones en las cuales estas prácticas se realizan. Más adelante, junto a Mc Taggart [47], describen de manera detallada las características de esta metodología. A continuación se plantea una síntesis de dichas características [7]:

- Es participativa. Las personas trabajan con la intención de mejorar sus propias prácticas.
- La investigación sigue una espiral introspectiva: una espiral de ciclos de planificación, acción, observación y reflexión.
- Es colaborativa, se realiza en grupo por las personas implicadas.
- Crea comunidades autocríticas de personas que participan y colaboran en todas las fases del proceso de investigación.
- Es un proceso sistemático de aprendizaje, orientado a la praxis (acción críticamente informada y comprometida).
- Induce a teorizar sobre la práctica.
- Somete a prueba las prácticas, las ideas y las suposiciones.
- Implica registrar, recopilar, analizar nuestros propios juicios, reacciones e impresiones en torno a lo que ocurre; exige llevar un diario personal en el que se registran nuestras reflexiones.
- Es un proceso político porque implica cambios que afectan a las personas.
- Realiza análisis críticos de las situaciones.
- Procede progresivamente a cambios más amplios.
- Empieza con pequeños ciclos de planificación, acción, observación y reflexión, avanzando hacia problemas de más envergadura; la inician pequeños grupos de colaboradores, expandiéndose gradualmente a un número mayor de personas.

De acuerdo a estas características, la metodología de Investigación-Acción se basa en una espiral de ciclos de investigación y acción compuesto por fases y secuencias (Fig. 3).

Según Latorre [44] para lograr el potencial total de mejora y cambio, un ciclo de Investigación-Acción no es suficiente. Se precisa de una espiral de ciclos de Investigación-Acción en el que participen y colaboren los actores involucrados en la investigación de tal manera que:



Figura 3: Ciclos Investigación-Acción [49]

- Se desarrolle un plan de acción informada críticamente para mejorar la práctica actual. El plan debe ser flexible, de modo que permita la adaptación a efectos imprevistos.
- Se actúe para implementar el plan, que debe ser deliberado y controlado.
- Se observe la acción para recoger evidencias que permitan evaluarla. La observación debe planificarse. El proceso de la acción y sus efectos deben observarse y controlarse individual o colectivamente.
- Finalmente, se reflexione sobre la acción registrada durante la observación, ayudada por la discusión entre los actores involucrados. La reflexión puede proveer la base para una nueva planificación y continuar otro ciclo.

Por tanto, el proceso de Investigación-Acción es un proceso iterativo, de forma que cada ciclo proporciona una entrada para el siguiente ciclo obteniendo soluciones cada vez más refinadas, en las que se descartan aquellas ideas o soluciones que no funcionan y se incorporan nuevas soluciones para solventar problemas detectados durante el ciclo que ha finalizado.

Aunque la metodología Investigación-Acción está muy ligada a la enseñanza, desde sus inicios también ha sido aplicada en la investigación de sistemas de infor-

mación. Según Baskerville [5] la metodología de Investigación-Acción fue introducida de forma explícita para llevar a cabo investigaciones relacionadas con los sistemas de información por Wood-Harper [65].

En el contexto de la investigación llevada a cabo en este trabajo de fin de Máster, se han planteado cuatro ciclos de Investigación-Acción. Cada ciclo planteado se desarrolla en un contexto diferente con un conjunto de actores propio de dicho contexto. El nexo de unión entre los diferentes ciclos es la mejora de los ecosistemas tecnológicos como soluciones *software* basadas en la integración de servicios. El primer ciclo de Investigación-Acción se desarrolla en el marco de la Universidad de Salamanca (USAL) dentro de la Universidad Virtual (<http://uvirtual.usal.es>). El segundo ciclo aplica los resultados obtenidos en el ciclo previo en un contexto de investigación de menor envergadura definiendo e implementando el ecosistema tecnológico del GRupo de Investigación en InterAcción y *eLearning* [27] (<http://grial.usal.es>). El tercer ciclo se desarrolla en el marco del proyecto europeo *Tagging, Recognition and Acknowledgment of Informal Learning Experiences (TRAILER)* (<http://trailerproject.eu>) [33] [31] cuyo objetivo principal es la elaboración de un ecosistema para la gestión de competencias adquiridas mediante aprendizaje informal desde la perspectiva del usuario como de la institución o empresa. Finalmente, el cuarto ciclo de Investigación-Acción desarrolla la propuesta arquitectónica que se plantea como resultado de este trabajo de investigación. Este último ciclo se lleva a cabo en el contexto del Instituto Nacional de la Administración Pública (INAP).

El resultado obtenido de la fase de reflexión en cada uno de los ciclos Investigación-Acción mencionados se refleja en un análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) [37] que proporciona un análisis interno del ecosistema con el fin de detectar las fortalezas y debilidades, y un análisis externo cuyo objetivo es identificar y analizar sus amenazas y oportunidades. Las debilidades proporcionan información relevante para introducir mejoras en el siguiente ciclo de Investigación-Acción. Las fortalezas permiten tener una idea clara de lo bueno, funcional y relevante que es el ecosistema. Finalmente, las oportunidades, junto con las amenazas, son una fuente de información muy valiosa para la evolución del ecosistema tecnológico ya que permiten tener en cuenta los factores externos que pueden afectar al producto. El análisis se representa en una matriz DAFO como la que se muestra en la siguiente imagen (Fig. 4).

Además de la metodología Investigación-Acción, se ha utilizado la metodología Scrum [56] en la fase de acción de cada uno de los ciclos Investigación-Acción realizados. La propia definición de ecosistema tecnológico desde el punto de vista de un conjunto de aplicaciones *software* conectadas entre sí para proporcionar una funcionalidad adicional a la que se obtendría utilizando cada pieza por separado, unido a un equipo de desarrollo pequeño, permite la utilización de los denominados procesos ágiles, y en concreto de Scrum.

Scrum es una metodología de gestión del trabajo basada en entregas parciales priorizadas por el beneficio que aportan al receptor final del producto. Se trata de un *framework* de desarrollo ágil que dispone el proceso, las reglas, las prácticas, los roles y los artefactos necesarios para aumentar la productividad de un equipo de



Figura 4: Matriz DAFO (<http://runningpacense.blogspot.com.es/2012/02/analisis-dafo-de-mis-posibilidades-en.html>)

desarrollo que está basado en un ciclo de creación de *software* iterativo e incremental [57].

Las diferentes actividades relacionadas con el desarrollo se llevan a cabo en *sprints* (Fig. 5). Cada *sprint* se caracteriza por tener una clara definición de los objetivos a alcanzar en la iteración y entregar como resultado un producto *software* potencialmente entregable. El cliente y/o usuario final, bajo el rol de *product owner*, está presente durante todo el desarrollo del proyecto, formando parte del equipo Scrum junto al *Scrum Master*, encargado de asegurar que se sigan las prácticas Scrum, y el equipo de desarrollo.

Scrum proporciona el marco de desarrollo idóneo para el ecosistema tecnológico, permitiendo extender la funcionalidad del mismo de manera incremental y asegurando el funcionamiento del sistema antes y después de cada *sprint*. Además, la presencia del *product owner* permite que el sistema evolucione de forma casi natural, adaptándose a las necesidades del contexto y permitiendo introducir mejoras dentro del propio ciclo de Investigación-Acción.

1.4. Estructura del informe

El trabajo se ha estructurado siguiendo la metodología de Investigación-Acción planteada. En las siguientes secciones se presenta una descripción del estado del arte sobre sistemas de información hasta llegar a la percepción actual de los ecosistemas

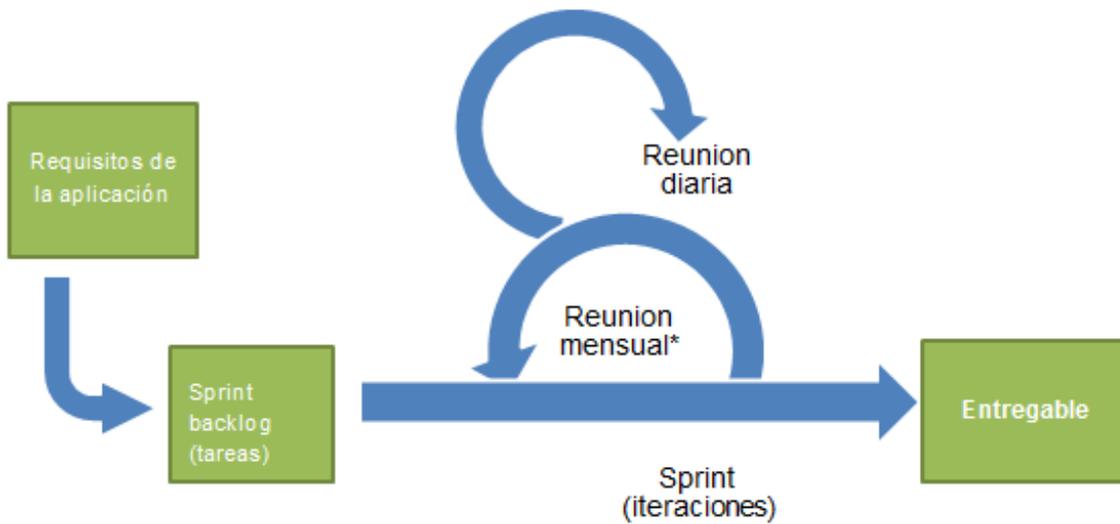


Figura 5: Proceso Scrum por Maxie Ayala [CC-BY-SA-3.0], via Wikimedia Commons

tecnológicos y en particular de los ecosistemas para el aprendizaje (2), los diferentes ciclos de Investigación-Acción llevados a cabo y los resultados extraídos de los casos de estudio seleccionados (3), la propuesta arquitectónica obtenida a partir del análisis de los casos previos demostrada con un prototipo real (4), las conclusiones obtenidas junto con las líneas de investigación futuras que se plantean como resultado del proceso de investigación llevado a cabo (5) y por último los agradecimientos a los trabajos que han aportado financiación para llevar a cabo alguno de los proyectos mencionados en este trabajo (6).

2. Estado del arte

La rápida evolución de la tecnología asociada a Internet, desde las redes de comunicaciones hasta los dispositivos que acceden a dichas redes, así como el cambio de enfoque que ha supuesto la Web 2.0, constituyen la base para un cambio de paradigma en el desarrollo de aplicaciones *software*. Las aplicaciones de escritorio, dependientes del sistema operativo utilizado y con un alto coste de producción, han dejado paso a las aplicaciones basadas en la Web 2.0, con tendencia cada vez más a un modelo de *cloud computing* y al uso de soluciones SaaS.

Por otro lado, la apuesta por el *software Open Source*, tanto desde la perspectiva de los desarrolladores como de las instituciones y organizaciones que necesitan cubrir sus necesidades tecnológicas es cada vez mayor, lo que ha supuesto un incremento exponencial en la aparición de aplicaciones que dan solución a la mayoría de los problemas existentes en una entidad, de tal forma que el problema no reside en el desarrollo de la solución sino en la elección de aquellas aplicaciones ya existentes que satisfagan mejor los requisitos específicos de un contexto.

La gran cantidad de aplicaciones que pueden existir dentro de una entidad puede ser abrumador tanto para los usuarios como para los encargados de gestionarlas y mantenerlas. La falta de conexión entre las diferentes herramientas conlleva muchas veces una falta de consistencia en los datos, los cuales están dispersos por las diferentes aplicaciones, lo que hace imposible disponer de una visión global de la información y el conocimiento generados dentro de la entidad. En el caso de la pequeña y mediana empresa (PYME) la mala o nula gestión del conocimiento se une a la falta de recursos y la falta de mano de obra cualificada, así como la escasez de soluciones TIC que sean fáciles de utilizar y se adapten a las necesidades particulares de la PYME, a la vez que se mantienen unos costes asumibles por una empresa de estas dimensiones [14].

La falta de conocimientos del mercado TIC por parte de las empresas, desde corporaciones hasta PYMEs, ha supuesto para muchas de ellas una considerable inversión en soluciones *software* propietarias cuya personalización y adaptación a las necesidades del negocio provocan un círculo vicioso que hace inviable la integración con otros sistemas y el propio mantenimiento del mismo. Esto genera en estas empresas una dificultad, tanto económica como logística, a la hora de querer abandonar la solución propietaria y pasar a una solución *Open Source* que se adapte mejor a sus necesidades y que mejore la gestión de toda la información.

Toda empresa necesita disponer de sistemas de información para la gestión de la propia empresa. A lo largo del tiempo, con la evolución del *software* y de las necesidades de las empresas, los sistemas de información destinados a estas han evolucionado considerablemente, pasando desde el *software* para la gestión contable y el *software* de control de stocks al MRP (*Material Requirement Planning*), pasando por el MRP II (*Manufacturing Resources Planning*), hasta llegar finalmente a los sistemas de información para la gestión de empresa actuales, los ERP (*Enterprise Resources Planning*) [21].

Un ERP según Esteves & Pastor [20] es “un sistema compuesto por varios módulos, tales como, recursos humanos, ventas, finanzas y producción, que posibilitan la integración de datos a través de procesos de negocios incrustados. Estos paquetes de *software* pueden ser configurados para responder a las necesidades específicas de cada organización”. Si se toma la definición de Aberdeen Group [34] un ERP es “la infraestructura de *software* que, por un lado, da soporte a todos los procesos internos de la compañía y, por el otro, apoya a los procesos de negocios externos de la empresa”.

El ERP proporciona la infraestructura de gestión de la información en los ecosistemas de negocio, los cuales se definen como la red de compradores, proveedores y fabricantes de productos o servicios y su entorno de negocio [63]. Se trata, por tanto, de la parte tecnológica, digital, del ecosistema de negocio y por analogía, el ERP podría ser el ecosistema tecnológico o ecosistema digital de la empresa o institución. Si se parte de las definiciones previas de ERP, el ecosistema tecnológico o digital de la empresa sería un sistema compuesto por un conjunto de módulos que proporcionan la funcionalidad necesaria para gestionar los procesos de negocio internos y externos de la empresa, para permitir el flujo de información entre los diferentes componentes del sistema. Uden [63] extiende esta definición con conceptos tales como evolución y cooperación, de tal forma que un ecosistema digital es un entorno digital que permite la cooperación, el intercambio de conocimiento, el desarrollo de tecnologías *open* y *adaptive*, junto con la evolución del modelo de negocio, mediante la recombinación y evolución de los componentes digitales que forman el ecosistema. Se consideran como componentes digitales elementos tales como las aplicaciones, los servicios, el conocimiento, los procesos y los modelos de negocio y los módulos de aprendizaje.

Desde la Unión Europea se considera a los ecosistemas digitales como la clara evolución de las herramientas de *e-business* y los entornos de colaboración para redes de organización, tal y como se muestra en la Fig. 6. Dentro del proyecto *Digital Ecosystems* promovido por el *Directorate General Information Society and Media* de la Comisión Europea, un ecosistema digital posee una arquitectura basada en componentes de *software Open Source* que se combinan para trabajar de manera conjunta para permitir la evolución gradual del sistema mediante la aportación de ideas y nuevos componentes por parte de la comunidad [14].

Según Chang [12] el ecosistema natural se define como un entorno abierto, débilmente acoplado, agrupado por dominios, conducido por las necesidades, con agentes auto-organizados, donde cada especie es proactiva y responsable de su propio beneficio. Si se sigue esta definición, cada una de las características del ecosistema natural mencionadas se corresponden con características del ecosistema digital. Abierto hace referencia a la transparencia del entorno. Débilmente acoplado se define como las relaciones abiertas que se establecen entre especies o entidades en la comunidad virtual, es decir, las entidades se relacionan entre sí, pero no existe una fuerte dependencia entre las mismas. El dominio, que se define como un conjunto de especies que tienen en común el mismo tipo de vida o intereses parecidos, está presente dentro de un ecosistema digital donde los componentes se agrupan según los objetivos de gestión de información, claramente definidos por la entidad en la que se implementa el ecosistema. Conducido por las necesidades significa que las especies dentro del

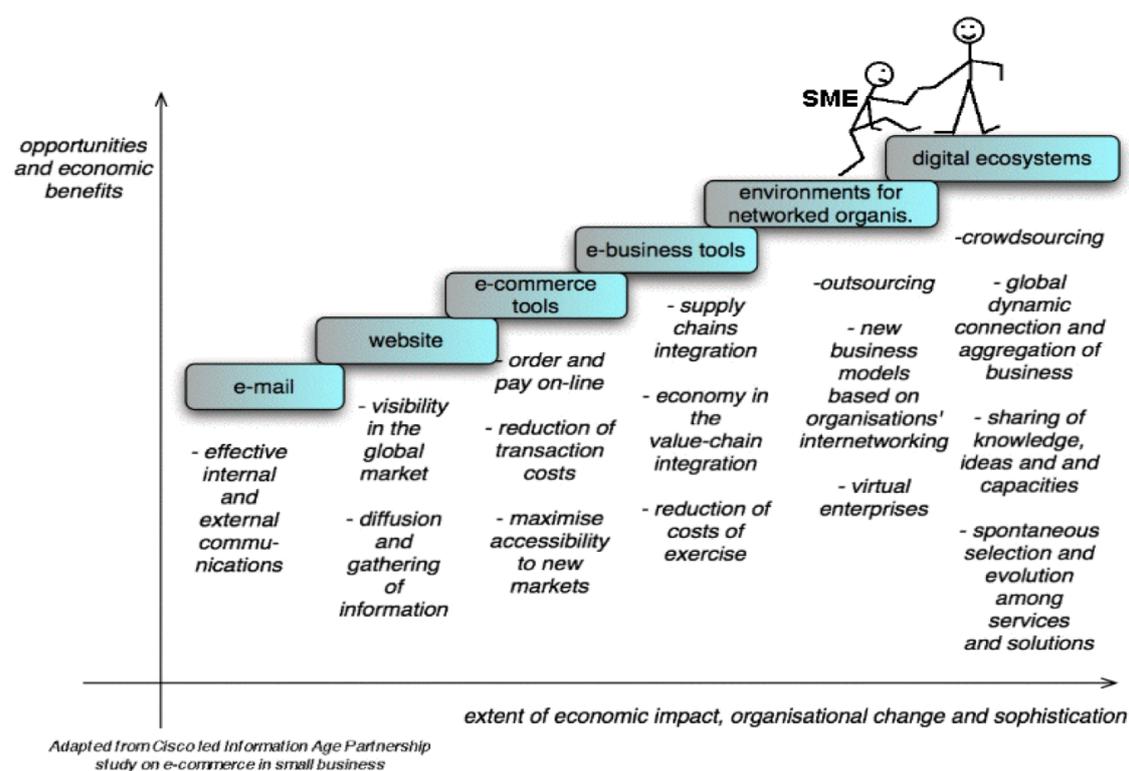


Figura 6: Evolución de las soluciones tecnológicas en el ecosistema de negocios (<http://www.digital-ecosystems.org>)

ecosistema digital colaboran para alcanzar un beneficio mutuo. Los agentes auto-organizado son las personas, las herramientas y las tecnologías de la información que dan soporte a los flujos de información entre los diferentes recursos, de tal forma que pueden tomar decisiones y cumplir responsabilidades para que dichos flujos tenga lugar de forma correcta. Los agentes participan activamente en la comunidad y son responsables de sus propias acciones. La Fig. 7 muestra la visión de ecosistema digital de Chang.

Chang propone el ecosistema digital como un conjunto de agentes *software* inteligentes que se organizan y colaboran entre sí para gestionar la información según las necesidades existentes en cada momento dentro del ecosistema. Este planteamiento sustituye a los usuarios como elementos centrales del ecosistema, de forma que este rol se le atribuye a los agentes inteligentes que, a pesar de poder llevar a cabo diferentes tareas y poseer características que les distinguen unos de otros, tienen un comportamiento predefinido y aunque puedan aprender a lo largo del tiempo y evolucionar no dejan de ser un componente *software* más. La interacción entre usuarios es un elemento fundamental en el ecosistema, deben existir tareas automatizadas, flujos de información que se adapten a las necesidades cambiantes del usuario, pero la interacción del usuario y la detección de necesidades, permiten que el ecosistema evolucione y se adapte más rápidamente a su contexto. Los agentes inteligentes pueden adaptarse, pero les falta la visión de una parte del sistema, la evolución de la propia entidad.

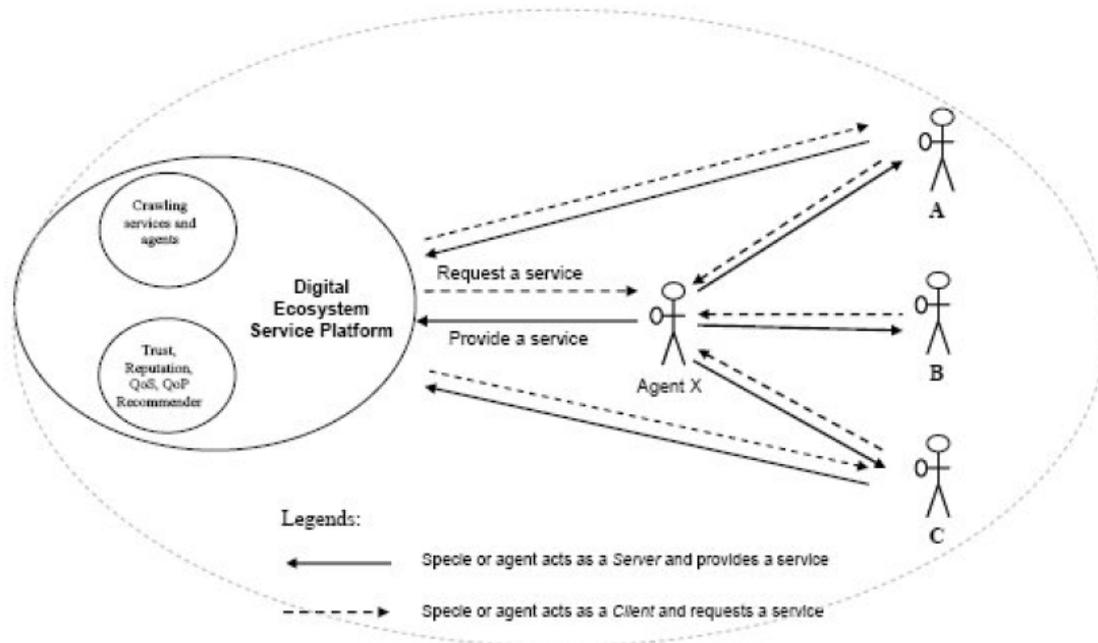


Figura 7: Ecosistema digital basado en agentes inteligentes [12]

Basándose en la definición de Chang, Pata [53] elimina el concepto de agentes inteligentes como especies del ecosistema y plantea una definición mucho más biológica dentro del contexto tecnológico: “Es un entorno abierto, auto-organizado, que conecta ubicaciones geográficas y basadas en web, individuos, servicios de información basados en herramientas sociales, interacción en la red y herramientas de intercambio del conocimiento junto con recursos que ayudan a mantener las sinergias entre las personas, donde cada sujeto es proactivo y responsable de su propio beneficio.”

Aunque existen diferencias entre unos autores y otros, todos están de acuerdo en un punto fundamental, hay una clara relación entre las características de un ecosistema natural y un ecosistema tecnológico en cualquiera de sus variantes. De esta forma, la mayoría de los autores respaldan la definición de ecosistema tecnológico o de ecosistema de aprendizaje con la definición de ecosistema natural con diferentes matices.

Cabe destacar la manera en la que Laanpere [43] aborda el tema. Este autor se centra en los conceptos y deja de lado la funcionalidad o la naturaleza de los elementos que representan estos conceptos. En la Fig. 8 Laanpere representa los ecosistemas naturales y los ecosistemas digitales mediante conceptos relacionados entre sí, de tal manera que el ecosistema digital es una extensión del ecosistema natural. Todos los conceptos que se utilizan para describir un ecosistema natural permiten describir un ecosistema digital. De esta forma, según lo expresado en el propio diagrama, un ecosistema *eLearning* digital estará formado por elementos bióticos, elementos abióticos, el entorno y los agentes.

Según la Real Academia de Lengua Española (<http://www.rae.es>) un ecosiste-

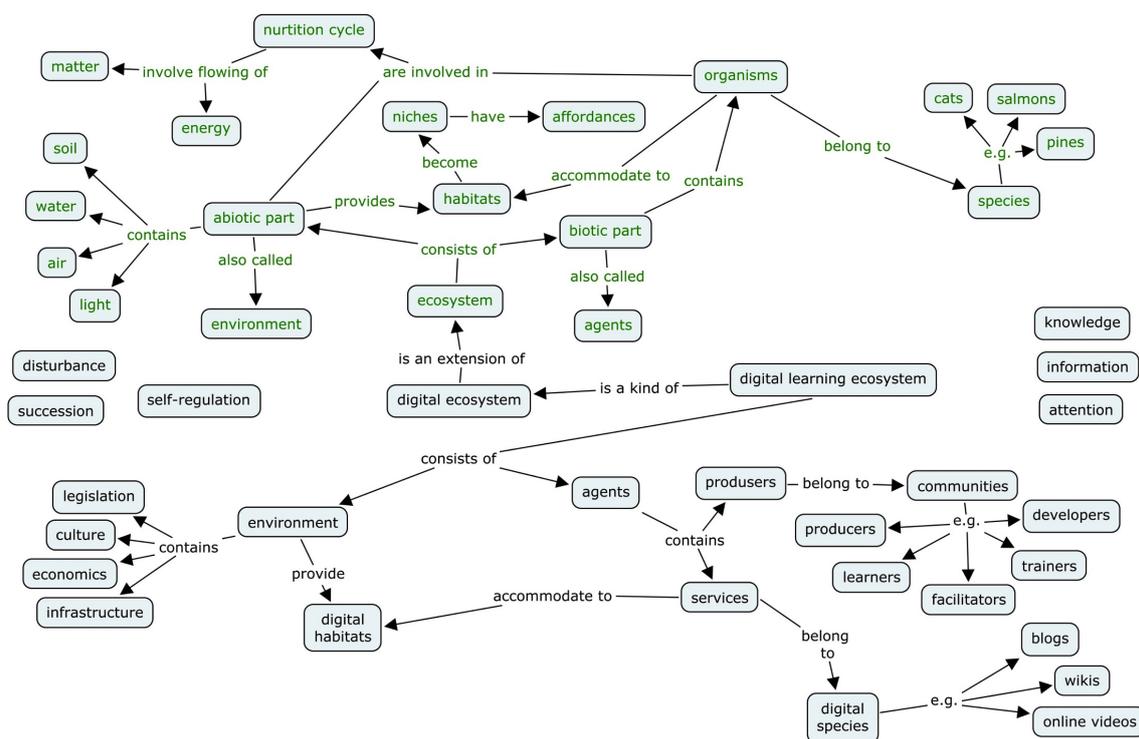


Figura 8: Mapa conceptual de la relación entre ecosistema natural y ecosistema digital [43]

ma es la “comunidad de los seres vivos cuyos procesos vitales se relacionan entre sí y se desarrollan en función de los factores físicos de un mismo ambiente”. En la Enciclopedia Británica (<http://www.britannica.com>) se define ecosistema como “el conjunto de organismos vivos, su ambiente físico, y todas sus interrelaciones en una unidad particular de espacio”. El American Heritage Science Dictionary [15] incluye la siguiente definición de ecosistema: “una comunidad de organismos, junto con su entorno físico, visto como un sistema de interacciones y relaciones interdependientes y que incluye procesos tales como el flujo de energía a través de los niveles tróficos y el ciclo de los elementos y compuestos químicos a través de los componentes vivos y no vivos del sistema”. Otras definiciones de ecosistema, “un sistema que incluye todos los organismos vivos (factores bióticos) en un área así como el entorno físico (factores abióticos) que funcionan juntos como una unidad” (<http://www.biology-online.org/dictionary/>), “unidad fundamental ecológica, constituida por la interrelación de los seres vivos con el medio que ocupan” [60], “una comunidad de organismos vivos (plantas, animales y microbios) en conjunción con componentes inertes del entorno (cosas tales como el aire, el agua y el suelo mineral) interactuando como un sistema” [43].

Si se observan estas y otras definiciones, hay tres elementos que forman parte de todo ecosistema natural y que están presentes en todas las definiciones [6]:

- Organismos, cada uno de los cuales intenta cubrir sus funciones básicas: comer, reproducirse y respirar.

- El medio físico en el cual los organismos llevan a cabo sus funciones básicas.
- El conjunto de relaciones entre los organismos, entre sí y con el medio.

Lo mismo ocurre en un ecosistema tecnológico, aunque con diferentes matices, en todas las definiciones se tienen una serie de componentes *software* que se relacionan entre sí en un medio físico que proporciona el soporte para dichas relaciones.

El ecosistema tecnológico se puede orientar a diferentes ámbitos. Si el ecosistema está orientado a la gestión de la formación se denomina ecosistema de aprendizaje o ecosistema *eLearning*.

Pirie [55] plantea en el 2004 el ecosistema *eLearning* como la unión entre la comunidad de aprendizaje y la empresa mediante un *Learning Management System* (LMS). Considera inherente al desarrollo de este tipo de ecosistema la integración con los recursos humanos y el portal web de la empresa, lo que permite a los empleados, desde el propio ecosistema, llevar a cabo actividades relativas al contexto laboral tales como gestión de los planes médicos o consultar los programas de formación que cubran las competencias relacionadas con el puesto de trabajo y la carrera profesional del empleado. Pirie introduce un concepto muy interesante, el uso del ecosistema *eLearning* para la toma de decisiones gracias a la información proporcionada por el ecosistema para definir planes de formación o mejorar la gestión de las actividades de toda la empresa.

Brodo [10] define ecosistema como un conjunto de interacciones sistémicas entre grupos de organizaciones en las industrias que se superponen y entrecruzan para crear un equilibrio entre los flujos de oferta y demanda. Si se toma dicha definición como punto de partida, se indica que el término ecosistema de aprendizaje se utiliza para describir todos los elementos necesarios para implementar una solución *eLearning*, de forma que dichos elementos pertenecen a tres categorías: proveedores de contenidos, consultores e infraestructura. A pesar de utilizar el concepto de ecosistema, la solución no se diferencia de las soluciones *eLearning* tradicionales donde existen unos contenidos, una metodología y un *software* encargado en proporcionar el entorno de gestión del aprendizaje, el LMS. La interacción entre los elementos así como los flujos de información no son parte del ecosistema.

Más adelante, Uden [63], que parte de la base de las definiciones de Pirie y Brodo, propone una aproximación a la definición de un ecosistema *eLearning* en cinco grandes bloques, lo que refuerza dos aspectos fundamentales de cualquier ecosistema, independientemente de la orientación del mismo, la integración y una base teórica o metodológica:

- La identificación de las necesidades de la organización que permiten la definición de una estrategia *eLearning*.
- La elección del LMS correcto que se pueda integrar con las herramientas ya existentes y que evite el uso de sistemas propietarios.
- La definición del diseño pedagógico sobre el que se va a sustentar la formación.

- Los contenidos que van a estar disponibles dentro del ecosistema, además se debe tener en cuenta el soporte a los estándares definidos en cuanto a desarrollos de objetos de aprendizaje tales como SCORM (*Sharable Content Object Reference Mode*) con el objetivo de incrementar la reusabilidad de los contenidos.
- La facilidad de adaptación frente a cambios.

Ficheman [22] propone un esquema bastante simple de un ecosistema de aprendizaje, con usuarios y contenidos como factores bióticos y *hardware*, *software* y tecnología de red como elementos abióticos del ecosistema. En un ecosistema natural los individuos de una misma especie se agrupan en poblaciones, y varias poblaciones se agrupan en una comunidad. Ficheman propone que las poblaciones en un ecosistema de aprendizaje se forman a partir de los roles de los usuarios, docente, tutor, técnico, etc., y las comunidades son las organizaciones que agrupan a los diferentes roles y tipos de contenido.

Según Littlejohn [46], la combinación de las herramientas sociales con los ecosistemas de aprendizaje permite plantear ecosistemas de aprendizaje colectivo. El ecosistema *eLearning* se centra en los recursos y las interacciones como medio para llegar a ellos y crear nuevo conocimiento. Los recursos funcionan como nexo de unión entre las personas que participan en el ecosistema, pero el centro del aprendizaje es la interacción que se genera alrededor de estos recursos, de tal manera que gracias a esa interacción se puede generar nuevo conocimiento, que permite que el ecosistema de aprendizaje se mantenga y evolucione.

Ark [4], en 2012, plantea el ecosistema *eLearning* como una evolución del LMS cuyo fin es cubrir aspectos que influyen en el paradigma de aprendizaje, tales como contenidos adaptativos, aprendizaje social, perfiles globales, motores inteligentes, gran cantidad de contenidos en abierto y la explosión de aplicaciones móviles.

Independientemente del enfoque que se le de al ecosistema, ya sea de aprendizaje centrado en recursos o interacción entre agentes inteligentes, existe un conjunto de componentes tecnológicos que forman el ecosistema. Adomavicius [2] propone una serie de sencillos pasos para identificar la tecnología utilizada en el ecosistema tecnológico:

- Identificar la tecnología central o el punto de inicio del ecosistema tecnológico y definir el contexto para poder identificar el resto de tecnologías necesarias.
- Identificar las tecnologías que complementan a la central.
- Identificar los componentes tecnológicos finales.
- Identificar las tecnologías para dar soporte y crear la infraestructura necesaria para las anteriores tecnologías.

Según plantea Haymes [36], los ecosistemas tecnológicos influyen en la aceptación de una nueva tecnología. Cada vez se tiende más a la integración de diferentes

herramientas para cubrir las necesidades de los usuarios. Si una tecnología emergente no es capaz de integrarse con tecnologías cuyo uso está extendido y aceptado por un gran número de usuarios y cuya funcionalidad puede complementar a la de la nueva tecnología, entonces dicha tecnología terminará por caer en desuso. Haymes añade un patrón para evaluar nuevas tecnologías, de tal forma que las tecnologías utilizadas en el ecosistema deberían cumplir dicho patrón y el conjunto global, el ecosistema, también:

- Debe hacer algo que sea evidente para los usuarios.
- Debe ser fácil de utilizar.
- Debe convertirse en algo esencial en la vida del usuario.

Finalmente, Uden [63] organiza la tecnología elegida en tres capas: infraestructura que sería una base tecnológica genérica, una capa que implementa la adecuación del ecosistema al entorno de negocio y, por último, la implementación de un modelo de negocio específico.

En este punto entra en juego la escalabilidad del sistema. El ecosistema tecnológico, al igual que el ecosistema natural, debe estar en continua evolución, adaptándose a los cambios del entorno y permitiendo que los organismos que forman parte del mismo puedan adaptarse a dichos cambios. El ecosistema tecnológico centrado en la gestión del conocimiento en las empresas e instituciones tiende a crecer al igual que lo hace el contexto en el que se encuentra. El crecimiento puede tener lugar de dos formas, bien debido a que hay un mayor número de usuarios que interactúan con el ecosistema, o bien debido a que los componentes del ecosistema tienen que evolucionar, se incorporan componentes adicionales para cubrir nuevas necesidades o se cambia unos componentes por otros. En ambos casos el conocimiento gestionado, si el ecosistema está bien definido y cubre las necesidades de la entidad, crecerá de manera continua a lo largo del tiempo.

Cada vez son más las empresas que utilizan servicios en la nube o *cloud computing* para mejorar la escalabilidad de sus servicios y poder hacer frente al crecimiento de la demanda de manera continua o puntual [11]. Resulta por tanto lógico que las ventajas del uso de una infraestructura que siga el paradigma del *cloud computing* pueden extenderse a los ecosistemas tecnológicos y concretamente a los ecosistemas *eLearning* [9].

Para permitir la escalabilidad en un ecosistema tecnológico basado en *cloud computing* se debe hacer uso de la virtualización, de tal manera que no exista una barrera física entre los recursos *hardware* y la gestión de los mismos. La virtualización de la infraestructura sobre la que se sustenta el ecosistema tecnológico se realiza mediante tecnologías que permiten la monitorización y administración de los recursos, las Máquinas Virtuales [66].

Bo et al. [8] realizan una propuesta de arquitectura basada en *cloud computing* para los ecosistemas *eLearning*, aunque también es extensible a otros ecosistemas

tecnológicos (Fig. 9). Estos autores plantean una arquitectura en tres capas, desde la infraestructura hasta la aplicación, y un conjunto de módulos que permiten:

- Monitorizar los recursos utilizados en el *cloud*.
- Gestionar automáticamente los recursos del *cloud* en función de las estrategias *eLearning* definidas y el uso de los recursos para llevar a cabo dichas estrategias.
- Gestionar manualmente algunas políticas del *cloud*.
- Reasignar los recursos a partir de las órdenes recibidas por los módulos de monitorización y políticas.

Este conjunto de módulos, además de asegurar la escalabilidad, permiten disponer de mecanismos que detecten problemas antes de que afecten al funcionamiento del sistema de cara al usuario, y además aseguran la calidad del servicio y la disponibilidad del mismo.

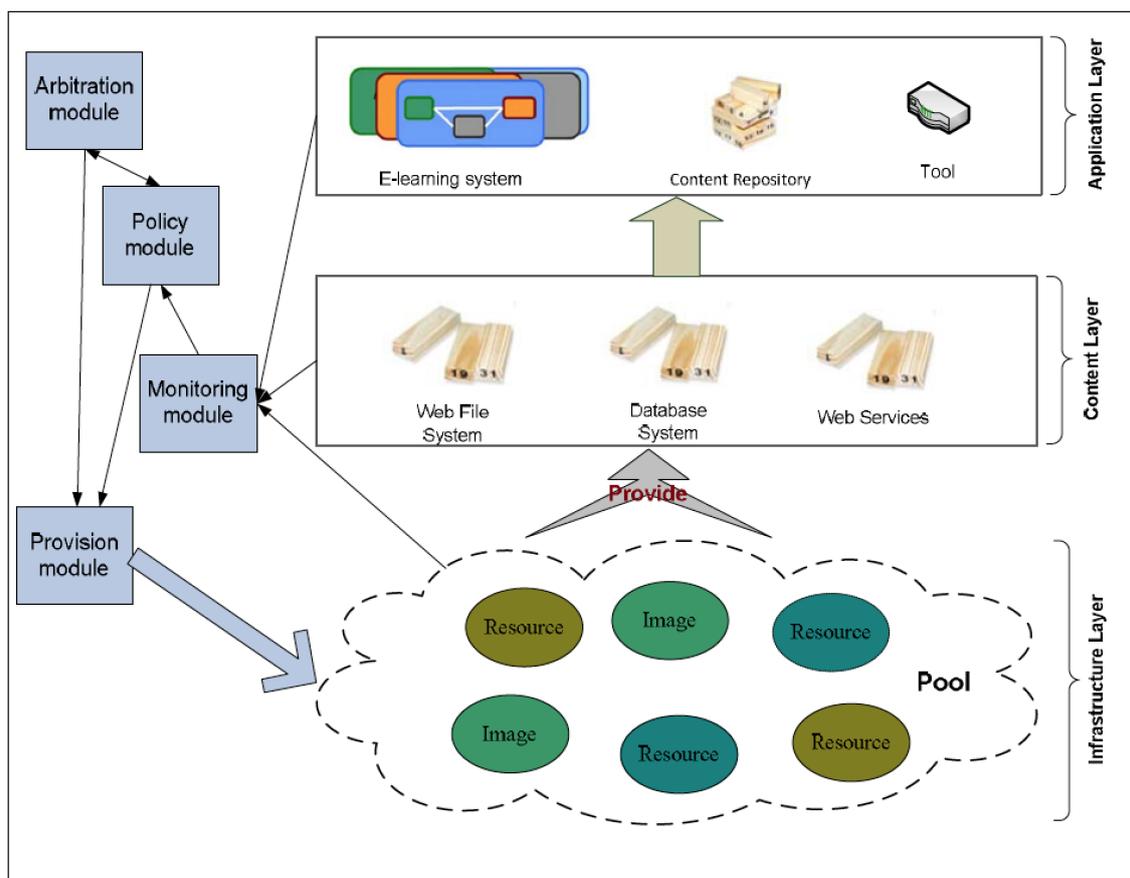


Figura 9: Arquitectura de un ecosistema *eLearning* basada en una infraestructura de *cloud computing* [8]

3. Casos de estudio

Siguiendo la metodología Investigación-Acción, se han planteado cuatro ciclos de Investigación-Acción dentro del marco de este Trabajo de Fin de Máster. Los casos de estudio seleccionados abarcan un periodo de tiempo que va mucho más allá del curso académico en el que se lleva a cabo este trabajo de investigación. Esto se debe a que el objetivo no es desarrollar cada uno de los ecosistemas tecnológicos planteados sino analizar los diferentes componentes, métodos de integración, objetivos perseguidos, puntos débiles detectados y, en definitiva, tomar todo ese conocimiento adquirido a lo largo del periodo de investigación de la autora, que abarca desde 2009 hasta la actualidad, con el objetivo de definir un patrón arquitectónico y un conjunto de líneas de investigación que definan la evolución de los ecosistemas tecnológicos.

En esta sección se plantean los tres primeros ciclos Investigación-Acción. Cada ciclo proporciona un conjunto de datos que sirve como entrada para el siguiente ciclo de Investigación-Acción, de tal forma que observando cada caso se ve una clara evolución en la implantación de los ecosistemas tecnológicos. El primer ciclo de Investigación-Acción se desarrolla en el contexto de la Universidad de Salamanca, durante la etapa en la que el director de GRIAL, Francisco J. García Peñalvo, fue Vicerrector de Innovación Tecnológica de esta Universidad. El segundo ciclo de Investigación-Acción se lleva a cabo posteriormente dentro del propio grupo GRIAL, para permitir la gestión de todo el conocimiento que era y es generado por sus miembros. Por último, el tercer ciclo de Investigación-Acción se enmarca en el proyecto europeo TRAILER (*Tagging, Recognition and Acknowledgment of Informal Learning Experiences*), un proyecto multilateral ICT (KA 3) financiado dentro del Lifelong Learning Programme.

Existen grandes diferencias entre el primer caso de estudio, relativo al ecosistema tecnológico institucional que se implantó en la Universidad de Salamanca con el fin de abarcar la gestión de todo el conocimiento generado dentro de una universidad, y el último caso de estudio desarrollado en un contexto mucho más heterogéneo con las competencias adquiridas de manera informal como hilo conductor. Dejando de lado los objetivos a alcanzar con cada uno de estos desarrollos, hay un conjunto de elementos que todos ellos tienen en común y que proporcionan el caldo de cultivo idóneo para llegar a implementar el patrón arquitectónico resultado del análisis previo en el cuarto ciclo de Investigación-Acción (4).

En primer lugar, la gestión del conocimiento es el fin que se persigue en cada uno de los casos planteados. En el caso de la Universidad de Salamanca, el conocimiento generado por toda la comunidad universitaria, desde los estudiantes hasta los docentes pasando por el personal administrativo. En el grupo de investigación se plantea una gestión del conocimiento similar a la realizada en la Universidad pero a menor escala y más cohesionado, a la vez que se promueve la creación de conocimiento desde dentro del grupo y se aporta dicho conocimiento al conjunto global de la Universidad. El tercer caso va más allá, puede incluso llegar a decirse que se realiza una meta-gestión del conocimiento, ya que lo que se proporciona es un entorno para que las personas involucradas en cualquier tipo de entidad puedan

ser conscientes de sus propios conocimientos, especialmente de aquellos adquiridos de manera informal, y hacerlos visibles a su empresa o institución dándoles un valor dentro del contexto en el que se mueve el actor.

En cada uno de los casos de estudio, la tecnología no es el fin sino el medio. Se hace uso de la tecnología como elemento de apoyo para mejorar la gestión del conocimiento en los diferentes contextos pero la piedra angular, sin la cual la implantación de cualquier ecosistema tecnológico no proporcionaría los resultados esperados, es una correcta definición de los flujos de información junto a un conjunto de metodologías adecuadas a las acciones realizadas dentro del contexto en el que se introduce el ecosistema tecnológico. De esta forma, cada ecosistema planteado lleva consigo una robusta base metodológica que proporciona el contexto teórico sobre el que se fundamente el desarrollo planteado para cada caso. Si se toma como ejemplo uno de los componentes tecnológicos que suelen formar parte de la mayoría de los ecosistemas tecnológicos, el CMS o *Content Management System*, pero no se construye sobre una base metodológica previamente definida, lo único que se conseguirá será una herramienta que permita publicar, editar y manejar información, pero eso no implicará que se realice una adecuada gestión del conocimiento y de la información y, por tanto, no habrá un retorno de la inversión.

Por último, las características de cada contexto así como las necesidades de gestión del conocimiento que se desea cubrir en cada caso, no son sino un punto en común entre todos los casos, no por las características y necesidades en sí mismas, ya que estas marcan la diferencia entre cada uno de los casos de estudio, sino porque tomadas en su conjunto proporcionan una perfecta definición de un ecosistema en particular. Al igual que en la naturaleza cada ecosistema tiene una serie de características que lo hacen diferente del resto de ecosistemas (Fig. 10 y Fig. 11), si se traslada esa propiedad al ámbito tecnológico se tiene que las características y necesidades mencionadas son parte inherente del mismo. Por tanto, aquello que hace diferente a un ecosistema es a su vez lo que lo une.



Figura 10: Ecosistema marino [58]



Figura 11: Ecosistema terrestre [59]

3.1. Universidad Virtual

Dentro del contexto de la Universidad de Salamanca, surge en 2008, de la mano del Vicerrectorado de Innovación Tecnológica y con la colaboración de la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León, la Oficina de Cooperación Universitaria (OCU) y el Banco Santander, el proyecto Estrategia Digital 2010 con el objetivo de “definir, adquirir e implementar la infraestructura física y lógica adecuada para que los procesos de formación, investigación y gestión se puedan llevar a cabo utilizando la tecnología como una herramienta o un medio que los facilite o posibilite, sin que por ello esta tecnología suponga una barrera añadida a su desarrollo. Este objetivo se afronta desde una perspectiva estratégica que concluya con una solución integrada, coherente y accesible” [19].

Para el desarrollo de la Universidad Digital se plantea una arquitectura por capas basada en la propuesta realizada en el Libro Blanco Universidad Digital 2010 [18]. En esta arquitectura están presentes desde los niveles de infraestructura básica hasta los niveles de acceso o consumo de los activos digitales, tal y como se muestra en la Fig. 12. Cada una de las capas planteadas está acompañada de una serie de directrices o recomendaciones que tienen una implicación más o menos directa con la tecnología y la docencia.



Figura 12: Arquitectura de la Universidad Digital [30]

La Universidad de Salamanca, tomando como base la arquitectura por capas de-

Análisis de integración de soluciones basadas en *software* como servicio para la implantación de ecosistemas tecnológicos corporativos

tallada en la Fig. 13, plantea la definición e implantación del ecosistema tecnológico institucional para gestionar todo el conocimiento de la Universidad, tanto de forma interna, para lo que proporciona los medios necesarios para llevar a cabo los procesos de formación, investigación y gestión, como de forma externa, ya que aporta visibilidad a todo el conocimiento que posee una universidad con la trayectoria de la Universidad de Salamanca, con casi 800 años de historia. Son muchas las implicaciones, técnicas, metodológicas y de gestión, que conlleva un proyecto de esta envergadura por lo que este caso de estudio se centra únicamente en tres de los principales hitos del proyecto Estrategia Universidad Digital 2010 [19]: la implantación de un repositorio institucional que permite la gestión documental de todo el conocimiento producido dentro de la institución; la creación de un nuevo portal web institucional que proporcione la infraestructura necesaria para dar soporte a la gestión de la información pública de todos los órganos, institutos, facultades, departamentos, etc. existentes dentro de la Universidad; y la creación de la Universidad Virtual como un servicio integrado dentro de la propia Universidad, que sin sustituir el carácter presencial de ésta, complementa sus procesos de enseñanza-aprendizaje para que haya más opciones, modelos formativos más flexibles, elementos de interacción y tutorías más dinámicos y, por tanto, conseguir más estudiantes con independencia de su situación geográfica [30].

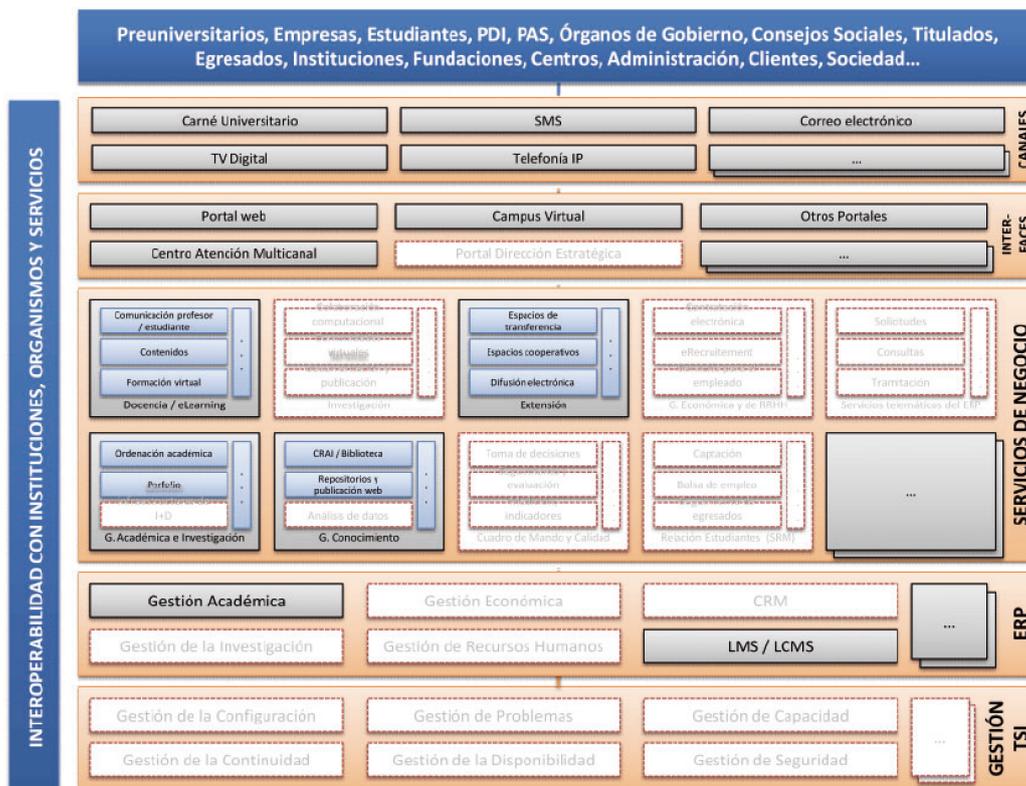


Figura 13: Capas de la arquitectura de la Universidad Digital [30]

La Universidad Virtual toma un papel muy importante en la implantación de la parte del ecosistema relacionada con la formación, tanto es así que dentro del

ecosistema tecnológico institucional podría distinguirse el ecosistema de aprendizaje definido, coordinado y soportado desde este servicio. La Universidad Virtual nace como un servicio de asesoramiento, formación, desarrollo y gestión de proyectos de *eLearning*, y es la encargada de poner en marcha el Campus Virtual de la Universidad de Salamanca, Studium (<http://studium.usal.es>).

García Peñalvo, en el Libro Blanco Universidad Digital 2010 [30], plantea un boceto de una posible estructura de una unidad de formación virtual. Este esquema, llevado al entorno de la Universidad de Salamanca, da como resultado el esquema de implantación de la Universidad Virtual y un primer acercamiento al ecosistema de aprendizaje. Como se puede ver en la Fig. 14, el soporte metodológico tiene un papel fundamental. Desde la Universidad Virtual se sustenta la tecnología con una alta implicación del capital humano, mediante la definición y activación de una serie de planes estratégicos para dar una base sobre la que construir, mantener y promover el ecosistema de aprendizaje. Estos planes estratégicos son:

- Plan de formación para asegurar la penetración del ecosistema de aprendizaje entre la comunidad universitaria.
- Plan de asesoramiento en *eLearning* para la comunidad universitaria.
- Plan de desarrollo tecnológico.
- Plan de gestión de proyectos de innovación tecnológica y *eLearning*.
- Plan de evaluación y gestión de la calidad de la formación *online*.

Partiendo de esta base, el ecosistema tecnológico institucional de la Universidad de Salamanca se compone de cuatro pilares fundamentales: el portal web institucional, el repositorio de contenidos, la plataforma de *eLearning* y el gestor de blogs.

El antiguo portal no permitía una adecuada gestión de la información, además de dejar de lado el enfoque 2.0 de la Web. La información pública estaba dispersa en diferentes portales entre los que no existía una comunicación adecuada, lo que convertía la búsqueda de información en un proceso laborioso que muchas veces no proporcionaba los resultados deseados. Unido a esto, la falta de un soporte centralizado provocaba que los diferentes órganos, facultades, departamentos, invirtieran parte de sus ingresos destinados a investigación en tener un portal de información adaptado a sus necesidades.

La definición e implementación de un nuevo portal web institucional buscaba solucionar estos problemas. La información debía estar centralizada pero a su vez debía soportar una gestión descentralizada, de tal manera que cada uno de los portales de información existentes antes de implementar el ecosistema tuvieran cabida en el nuevo portal web y pudieran ser gestionados por los mismos actores. La gran mayoría de la comunidad universitaria no posee un perfil técnico por lo que la interfaz de gestión del nuevo portal debía ser lo suficientemente amigable y usable con el objeto de facilitar la tarea a los usuarios encargados de publicar información en los diferentes espacios del portal.

Análisis de integración de soluciones basadas en *software* como servicio para la implantación de ecosistemas tecnológicos corporativos

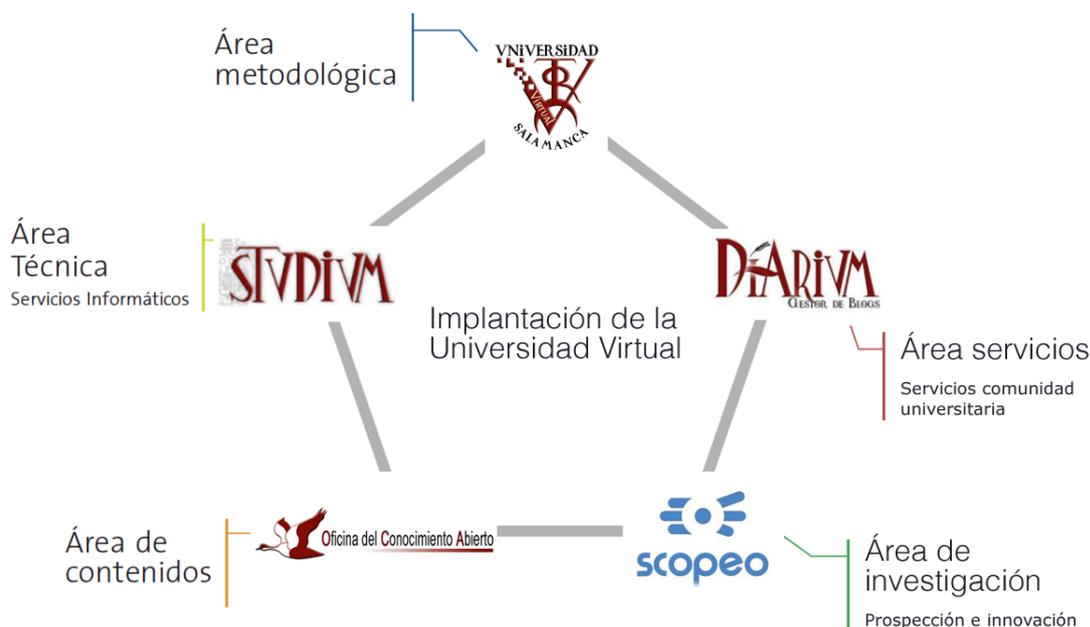


Figura 14: Implantación de la Universidad Virtual (basado en el esquema de García Peñalvo [30])

Con estas premisas, la base tecnológica del nuevo portal debía ser un gestor de contenidos o *Content Management System* (CMS), una plataforma que permite crear y administrar contenidos web mediante una interfaz sencilla que se conecta con una base de datos, de tal forma que cada vez que se carga una página dentro del CMS esta es leída de la base de datos y generada dinámicamente. Se caracteriza por su enorme flexibilidad, que permite que cualquier usuario con ciertas nociones de administración web pueda crear su propia página sin necesidad de escribir ni una línea de código.

Tras un exhaustivo estudio de los CMS disponibles se optó por utilizar Drupal 6 con soporte *multisite* [40] que permite mantener un conjunto de “sitios” gestionados de forma independiente pero que comparten la capa de administración (<https://drupal.org/drupal-6,0>). Drupal permite extender su funcionalidad mediante módulos desarrollados por una activa comunidad de usuarios. La instalación base del sistema incluye una serie de módulos con las funcionalidades básicas entre las que se incluye la gestión básica de contenidos, la estructura del sistema y la gestión de cuentas, roles y permisos de usuario. Para suplir las necesidades de información propias de una universidad, el Servicio Informático (CPD) tuvo que desarrollar un conjunto de módulos de Drupal.

El siguiente componente del ecosistema tecnológico, el repositorio de contenidos, bajo el nombre de GREDOS (Gestión del Repositorio Documental de la Universidad de Salamanca) (<http://gredos.usal.es>), es la respuesta a la apuesta institucional por el Conocimiento Abierto y el movimiento *Open Access* [25] [26] [32]. Un repositorio digital es un mecanismo para la gestión y almacenamiento de contenidos digitales. Según Abadal [1] es un sitio web que recoge, preserva y difunde la pro-

ducción académica de una institución (o de una disciplina científica), permitiendo el acceso a los objetos digitales que contiene y a sus metadatos.

Para implementar GREDOS se eligió DSpace (<http://www.dspace.org>), una herramienta *Open Source* que permite administrar colecciones digitales de datos, a la vez que soporta una gran variedad de tipos de datos tales como libros, fotografías, tesis, informes técnicos, revistas, etc. Se trata de la herramienta más extendida entre las universidades de todo el mundo a la hora de realizar gestión documental.

El tercer componente, la plataforma de *eLearning*, el LMS, es una herramienta que permite administrar, distribuir y controlar las actividades de formación *online*. Los LMS son mucho más que la simple y tradicional página web estática asociada a un contenido informativo, pues se trata de aplicaciones que facilitan la creación de entornos de enseñanza/aprendizaje, mediante la integración de materiales didácticos, herramientas de comunicación, colaboración y gestión educativa. Es decir, combina aplicaciones como el correo electrónico, los foros de discusión, los cuestionarios, con los cuales el usuario interactúa para comunicarse con el profesor, realizar las actividades programadas y, en definitiva, seguir el curso en el que está matriculado.

La herramienta elegida para dar vida al Campus Virtual de la Universidad de Salamanca, denominado Studium (<http://studium.usal.es>), fue Moodle 1.9 (<http://moodle.org>), el LMS *Open Source* más extendido y con una comunidad de desarrolladores muy amplia, que permite incrementar su funcionalidad base mediante desarrollos de la propia comunidad o desarrollos propios, siempre bajo la premisa de incorporar aquella funcionalidad que resultara de la experiencia de los propios usuarios del entorno, mediante los oportunos planes de evaluación de calidad llevados a cabo por la Universidad Virtual.

Para una adecuada gestión de la formación, el Campus Virtual se integró con la Gestión Académica de la Universidad de Salamanca, para así facilitar los flujos de información entre la formación presencial y la formación *online*.

Finalmente, el gestor de *blogs*, Diarium (<http://diarium.usal.es>), surge de la necesidad de proporcionar a la comunidad universitaria, desde los estudiantes hasta los docentes y el personal administrativo, un espacio personal donde poder gestionar su propio conocimiento. El *blog* es una de las principales herramientas que aparecen con la Web 2.0. Un *blog* es un sitio web que se actualiza, de manera más o menos periódica, mediante la publicación de entradas que pueden ser comentadas por otros usuarios. Se denomina gestor de *blogs* a un tipo particular de CMS cuya finalidad es permitir la creación y administración de un número ilimitado de blogs.

La utilización de los gestores de *blogs* que incorporaban los otros elementos del ecosistema, Drupal y Moodle, se descartó debido a que no proporcionaban la flexibilidad necesaria para que el sistema pudiera evolucionar.

En aquel momento existían dos gestores de *blogs* muy conocidos y utilizados en todo el mundo por la calidad del servicio que ofrecían, Blogger (<http://blogger.com>) y WordPress (<http://wordpress.com>). Al tratarse de un ecosistema institucional, para permitir el crecimiento del mismo y poder controlar los flujos de información, el gestor de *blogs* debía ser propio, no dependiente de un servicio externo. La mejor so-

lución fue WPMU (<http://mu.wordpress.org>), WordPress MultiUser, ya que dicha herramienta surgió a partir de la experiencia que los desarrolladores de WordPress tuvieron con su propio gestor de *blogs*, WordPress.com, además de la existencia de una gran comunidad de desarrolladores que daban y dan soporte a la misma.

Uno de los mayores retos a la hora de integrar los *blogs* en el ecosistema institucional fue el proceso de creación de los mismos. Tal y como se planteó el servicio, cada persona que formara parte de la comunidad universitaria debía tener la posibilidad de disponer de un *blog* de forma rápida y sencilla. Con una comunidad universitaria que incluía alrededor de 30.000 estudiantes, 2.500 profesores y 1.200 miembros del Personal de Administración y Servicios, se tomó la decisión de que el proceso de creación debía ser totalmente automático y transparente. El gestor de *blogs* fue el primer componente del ecosistema en integrarse con el servicio de gestión de identidad idUSAL, de tal manera que al usuario que accedía por primera vez se le creaba un *blog* personal sobre el que tenía total poder de gestión a excepción de dos restricciones: no podía variar el aspecto visual del *blog* para de esa forma asegurar la identidad institucional, y no podía instalar nuevas funcionalidades desde la interfaz de administración ya que dicha tarea se sustentaba en un plan estratégico trazado por la Universidad Virtual.

Una vez el ecosistema está en funcionamiento, y como resultado de la fase de reflexión del ciclo de Investigación-Acción, se ha realizado el análisis DAFO que se muestra a continuación.

3.1.1. Análisis interno ecosistema institucional

Debilidades:

- La solución planteada a la hora de satisfacer los requisitos de información en el portal web introduce una fuerte resistencia al cambio. A pesar de realizar un desarrollo por módulos sustentado en un CMS muy flexible, la gran cantidad de funcionalidad que se implementó no tuvo en cuenta permitir la evolución del sistema. La versión de Drupal que hay disponible actualmente mejora considerablemente la versión utilizada en su momento en el portal web, pero la actualización del mismo a una nueva versión supondría un desarrollo desde cero.
- La integración entre los componentes no se ha realizado únicamente a nivel de lógica de negocio y de presentación, sino que ciertos flujos de información conllevan la integración a nivel de datos, lo que genera dependencias entre las aplicaciones.
- La integración a nivel de presentación no sigue una única identidad corporativa de tal forma que cada elemento, aunque se mantienen diseños similares y se sigue un diseño institucional, no proporcionaba unicidad.
- Algunos de los desarrollos ad-hoc llevados a cabo no permite ningún tipo de reutilización.

- El sistema es dependiente de la gestión de usuarios existente.
- La gran envergadura del ecosistema requiere de un gran trabajo de mantenimiento y de un constante seguimiento para asegurar el correcto funcionamiento tanto desde el punto de vista metodológico como técnico.
- Interoperabilidad limitada a ciertas conexiones *ad-hoc*.
- No existe integración con redes sociales, de tal forma que la capa social se limita a los *blogs*.
- La toma de decisiones se basa en informes *ad-hoc* no automatizados.
- No existe soporte para dispositivos móviles.

Fortalezas:

- La gestión de usuarios basada en un sistema independiente a cada uno de los componentes que forman el ecosistema tecnológico permite asegurar que el sistema crezca y evolucione, , que permite añadir nuevos componentes o cambiar los existentes con el fin de ajustarse a las necesidades cambiantes que surjan a lo largo de los años.
- El ecosistema tecnológico se sustenta sobre una sólida gestión técnica y metodológica involucrando a diferentes servicios de la Universidad coordinados desde el Vicerrectorado de Innovación Tecnológica pero con poder para la toma de decisiones acerca del componente del ecosistema en cuya definición, implantación y gestión están implicados.
- Aunque hay en el mercado soluciones *software* que cubren diferentes aspectos del ecosistema, las peculiaridades que tiene una universidad no están cubiertas por dicho *software*. El ecosistema tecnológico planteado permite establecer una conexión entre los diferentes componentes, lo que permite llegar a una integración en el nivel de gestión de los datos y adaptarse a las necesidades de la institución.
- El uso de *software Open Source* permite realizar el desarrollo dentro de la propia Universidad con todas las ventajas que implica, tanto económicas como estratégicas.
- La resistencia al cambio propia de cualquier despliegue de nuevas tecnologías se ha tenido en cuenta y se ha cubierto mediante una serie de planes estratégicos de formación, asesoramiento y evaluación y gestión de la calidad.
- La escalabilidad, robustez, usabilidad, consistencia del sistema ha quedado patente al ponerse a disposición de toda la comunidad universitaria.
- El desarrollo incremental del ecosistema permite poner en explotación los diferentes componentes a medida que se realizaba su despliegue e integración.

- El repositorio permite un primer nivel de centralización de datos de diversa procedencia institucional (investigación, docencia, archivo institucional y acervo histórico), además de una clasificación y etiquetado semántico.
- Amplia difusión de los contenidos al integrar el repositorio con los principales recolectores.

3.1.2. Análisis externo ecosistema institucional

Amenazas:

- El plan estratégico en el que se enmarca el ecosistema tecnológico depende en última instancia del equipo rectoral. El cambio de gobierno o un fuerte reajuste en alguno de los Servicios implicados puede paralizar el proyecto.
- Al ser la Universidad de Salamanca una institución pública, cambios en la Administración Pública pueden afectar al planteamiento y sostenibilidad del ecosistema tecnológico.

Oportunidades:

- La apuesta realizada por el *software Open Source* permite afrontar cambios en las herramientas *software* seleccionadas, de tal forma que si una de las herramientas queda obsoleta y es abandonada por la comunidad de desarrolladores de la misma, se puede sustituir por otra herramienta de características similares.
- Al no depender de contratos con empresas externas y plantearse desde el principio como un proyecto que implica a toda la comunidad universitaria, una vez implantado el ecosistema tecnológico la financiación necesaria para mantenerlo es pequeña.
- La definición, planificación, desarrollo y puesta en marcha del ecosistema tecnológico ha aportado *know-how* a los implicados en el proyecto que les permite posicionarse adecuadamente en el ámbito tecnológico y metodológico relacionado con la gestión del conocimiento.
- Visibilidad que gana la institución a través del portal y del repositorio.

3.2. GRIAL 2.0. Una propuesta de integración de servicios y aplicaciones web en un portal académico personalizable

El GRupo de Investigación en InterAcción y *eLearning* (GRIAL) es un grupo de investigación reconocido en la Universidad de Salamanca y Grupo de Excelencia de la Junta de Castilla y León, compuesto por un nutrido grupo de investigadores de diferentes ámbitos de conocimiento, desde perfiles puramente técnicos a perfiles de humanidades. Esta heterogeneidad de conocimientos entre sus miembros permite que las iniciativas realizadas sean tratadas desde diferentes puntos de vista, lo que aporta un enriquecimiento de las mismas.

Al igual que muchos grupos de investigación, GRIAL generaba una gran cantidad de conocimiento que, al no darle la visibilidad adecuada, se perdía. Eso provocaba que de cara al exterior el grupo fuera una caja negra, dentro de GRIAL había gran cantidad de información pero no era sencillo acceder a ella. La causa principal de este problema residía en una mala gestión del conocimiento. El portal de GRIAL se encontraba totalmente desactualizado debido a que los miembros del grupo, a causa de lo poco intuitiva que era la herramienta, no publicaban ningún tipo de información en él. Esto, unido a la gran cantidad de información generada dentro del grupo, provocaba que la actualización recayera en una o dos personas que debían canalizar todos los flujos de información.

Tras la experiencia adquirida durante el proyecto Universidad Digital de Salamanca en el que varios miembros de GRIAL, entre ellos el director, Francisco J. García Peñalvo, fueron parte activa en el desarrollo e implantación de la idea, se toma la decisión de dar solución a los problemas de gestión del conocimiento de GRIAL mediante la definición y puesta en marcha de un ecosistema tecnológico que permita que cada uno de sus miembros esté, potencialmente, encargado de gestionar el conocimiento que genera, de tal forma que, gracias a combinar el trabajo colaborativo y los flujos de trabajo adecuados, se consiga dar la visibilidad necesaria a dicho conocimiento.

La definición y desarrollo del ecosistema tecnológico se plantea como un portal académico 2.0 dentro del proyecto de fin de carrera de García Holgado [27]. Se parte de la base del *know-how* adquirido a través de la experiencia con el ecosistema tecnológico de la Universidad de Salamanca para plantear un ecosistema formado por cuatro componentes principales, el portal web del Grupo, la plataforma de *eLearning*, el gestor de *blogs* y el repositorio documental, conectados entre sí a través de una serie de flujos de información (Fig. 15).

Uno de los principales problemas de GRIAL residía en la herramienta utilizada como portal. Para dar solución a este problema el portal web debía permitir mantener toda la información del grupo de investigación de manera ordenada y disponible para cualquier usuario. A su vez la gestión de la información publicada en el portal por parte de los miembros del Grupo debe poder realizarse de manera sencilla e intuitiva, de tal forma que les aporte ventajas respecto a la situación original. Siguiendo la línea que se trazó durante el proyecto Universidad Digital, el CMS elegido fue Drupal 6 (<http://grial.usal.es>).

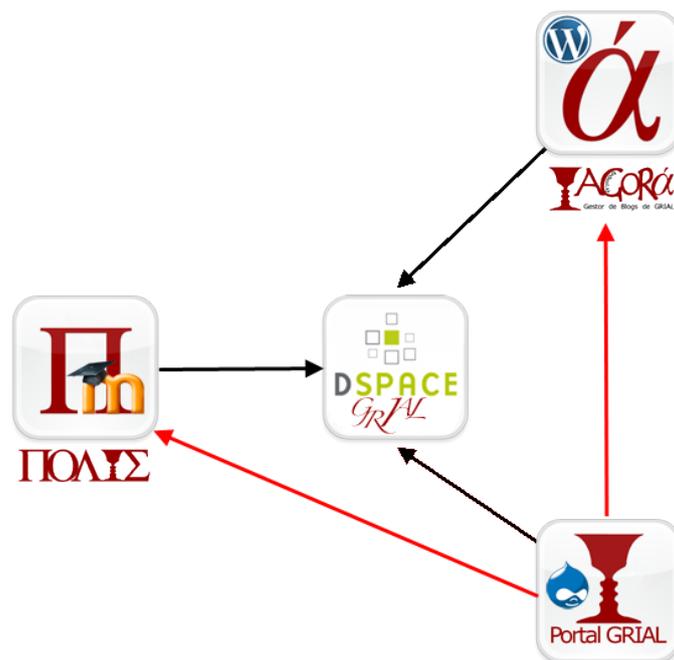


Figura 15: Componentes del ecosistema tecnológico de GRIAL

En el grupo de investigación se llevan a cabo diferentes iniciativas formativas que muchas veces requieren el uso de herramientas experimentales que no pueden ser instaladas en una plataforma institucional o en un *software* propietario. Las iniciativas se encontraban desperdigadas en diferentes plataformas de *eLearning*, lo que obligaba a los miembros encargados de tutorizarlas a tener que sufrir bruscos cambios de entorno y periodos de adaptación cada vez que se comenzaba una nueva iniciativa. Además, una de las principales líneas de trabajo de GRIAL es el *eLearning* por lo que se requería un espacio donde poder poner en práctica métodos y modelos didácticos de referencia en la formación *online* así como experimentar desarrollos *software* orientados a mejorar la calidad del *eLearning*.

Gracias a las experiencias previas de los miembros del grupo, que a lo largo de los años han trabajado con diferentes LMS disponibles en el mercado, Dokeos (<http://www.dokeos.com>), Blackboard (<http://blackboard.com>), E-ducativa (<http://www.educativa.com>), BSCW (<http://www.bscw.de>), entre otros, junto con la experiencia del campus virtual de la Universidad, Studium, el LMS elegido para dar soporte a los planes de formación de GRIAL fue Moodle (<http://grial.usal.es/polis>).

El tercer componente del ecosistema, el gestor de *blogs* (<http://grial.usal.es/agora>), surge a partir de dos necesidades básicas. En primer lugar, cada individuo del grupo de investigación tiene mucho que comunicar, tanto formal como informalmente. Los *blogs* proporcionan un entorno adecuado para que ese conocimiento más informal se mantenga dentro del grupo, permitiendo que tanto el usuario como el grupo se beneficien del mismo. En segundo lugar, GRIAL participa en un gran número de proyectos de investigación, tanto regionales como nacionales, internacionales o europeos. Algunas veces los proyectos de investigación en desarrollo requieren

disponer de su propia página web o *microsite*. Dicha página web debe ser, por un lado, independiente de la identidad corporativa de GRIAL y, por otro, la gestión de esa información (así como de los flujos de información) debe estar integrada en el ecosistema. Una herramienta de *blogs* no deja de ser un CMS especializado por lo que comparte ciertas características con los CMS normales, entre ellas la flexibilidad y adaptabilidad.

Diarium, el gestor de *blogs* de la Universidad de Salamanca estaba basado en WPMU, WordPress MultiUser. A la hora de elegir el *software* de gestión de *blogs* para el ecosistema de GRIAL, WordPress iba a dejar de mantener la versión *multiuser* para incorporar dicha funcionalidad en la versión 3.0 de WordPress bajo el nombre de *multisite* (MS) con el fin de centrar los esfuerzos de mantenimiento y desarrollo en una única solución. Por este motivo, aunque se sigue manteniendo WordPress, se optó por tomar la nueva solución, WordPress con *multisite* activado, y migrar los desarrollos que se habían realizado para WPMU a WPMS.

A pesar de que GRIAL se encuentra dentro de la Universidad de Salamanca y, por tanto, puede hacer uso del repositorio institucional GREDOS, se plantea incorporar como elemento del ecosistema del grupo un repositorio documental (<http://grialdspace.usal.es:443>) con el fin de integrarlo con el resto de componentes y a su vez asegurar que todos los miembros de GRIAL tuvieran acceso al repositorio, ya que se da la situación de que no todos los miembros del grupo de investigación forman parte de la Universidad de Salamanca y, por tanto, para aportar documentos a GREDOS, tendrían que hacerlo a través de otro miembro, lo que dificulta los flujos de información sobre los que se sustenta el ecosistema. Por otro lado, al mantener un repositorio independiente todo el conocimiento que se almacenara en GRIAL no estaría en el repositorio institucional. Para evitar esto se eligió como herramienta *software* para implementar el repositorio DSpace, con el objeto de, en un futuro, permitir que GREDOS bebiera el contenido del repositorio del grupo.

Además de los diferentes componentes mencionados y de los flujos de información establecidos entre dichos componentes, existe un quinto elemento, el enfoque social. Las redes sociales son otra de las herramientas inherentes a la Web 2.0 que llevan al entorno virtual las estructuras sociales de la vida real. Dotar al ecosistema de características sociales permitió mejorar la estrategia de diseminación del conocimiento gestionado dentro del mismo. No se trataba de crear una red social dentro del ecosistema, sino de utilizar las diferentes herramientas sociales ya existentes y sacar provecho de su funcionalidad al integrarlas en los flujos de información y diseminación. En el diagrama de la Fig. 16 se muestran los flujos de información y diseminación establecidos en el ecosistema así como las herramientas sociales que se incorporaron para mejorar esos flujos. Cabe destacar que la mayoría de los flujos representados en el diagrama se definieron e implementaron para que tuvieran lugar automáticamente, de tal forma que el usuario encargado de publicar la información no tuviera que preocuparse de llevar a cabo las tareas de diseminación asociadas.

Tras la experiencia con el ecosistema institucional, dos de los puntos débiles que se detectaron, además de la ausencia de la capa social, estaban relacionados con la

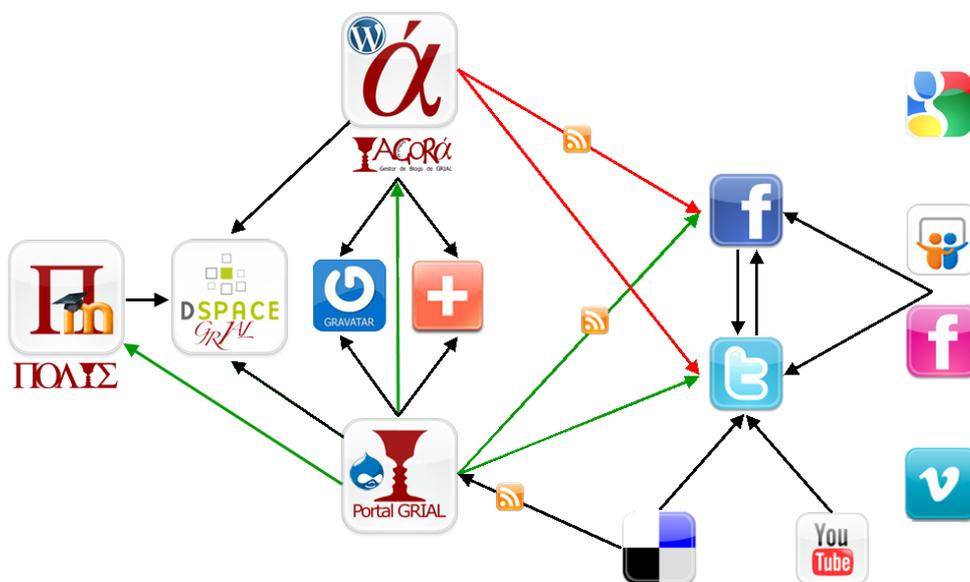


Figura 16: Esquema de flujos de diseminación del ecosistema tecnológico de GRIAL

integración de los diferentes componentes. Por un lado, la gestión de usuarios en algunos de los componentes estaba integrada a nivel de datos, lo que incluía dependencias que impedían una evolución adecuada del ecosistema. En la Universidad de Salamanca el ecosistema tuvo que adaptarse a la gestión de usuarios existente, ya que formaba parte del *software* de gestión universitaria utilizado, Universitas XXI (http://www.ocu.es/portal/page/portal/inicio/software_gestion_universitaria), un ERP para universidades ofrecido por la Oficina de Cooperación Universitaria (OCU). En el ecosistema de GRIAL no existía una gestión de usuarios previa, por lo que se planteó la utilización de autenticación mediante *Single Sign On* mediante la incorporación al ecosistema un servidor de OpenID.

Por otro lado, la integración entre los componentes en el ecosistema institucional se limitaba a algunas conexiones realizadas *ad-hoc* que no permitían el intercambio de información entre los mismos. El ecosistema GRIAL se define bajo la premisa de lograr un alto grado de integración y cohesión entre sus componentes con especial atención a dos factores: mantener el mismo *look & feel* en todo el ecosistema mediante la definición de una sólida imagen corporativa de GRIAL y permitir la interoperabilidad entre los diferentes elementos del ecosistema.

El ecosistema de GRIAL supone un paso adelante respecto al ecosistema institucional desarrollado en el marco del proyecto Universidad Digital de Salamanca. Se han planteado soluciones a las debilidades detectadas, intentando potenciar las fortalezas y ofreciendo una mayor consistencia y adaptabilidad frente a la evolución de todo el sistema. Estos cambios se pueden ver reflejados en el análisis DAFO del ecosistema GRIAL que se muestra a continuación.

3.2.1. Análisis interno GRIAL 2.0

Debilidades:

- La integración a nivel de presentación mantiene la identidad corporativa pero sigue existiendo una falta de unicidad que muestre el ecosistema como un todo.
- A pesar de que la autenticación de usuarios sea centralizada, no existe una gestión centralizada integral de usuarios, lo que impide un control global de los mismos.
- Los flujos de diseminación permiten un mayor impacto de la información generada en el ecosistema pero no existe una visión global del impacto conseguido mediante dichos flujos.
- No existe ningún tipo de monitorización sobre el funcionamiento del ecosistema, por lo que no se dispone de la información necesaria para tomar decisiones relativas a la evolución del mismo.
- No proporciona las herramientas necesarias para establecer flujos de trabajo relacionados con la toma de decisiones.
- Los datos del repositorio documental no son accesibles de manera transparente desde cualquier punto del ecosistema, sino que su utilización fuera del repositorio debe hacerse de forma manual.
- No existe soporte para dispositivos móviles.

Fortalezas:

- Las soluciones *software* desarrolladas para satisfacer los requisitos de los diferentes componentes del sistema permiten la evolución del mismo, de tal forma que la actualización de alguno de los elementos *software* utilizados conlleva un esfuerzo mínimo de desarrollo.
- La integración se ha llevado a cabo mediante el uso de servicios web, con lo que se mantiene la independencia entre los componentes y se proporciona una funcionalidad adicional al establecer ciertos flujos de trabajo.
- El uso de un servidor único de autenticación de usuarios introduce una capa de seguridad adicional.
- Los desarrollos *ad-hoc*, a pesar de cubrir necesidades particulares del ecosistema GRIAL, pueden ser reutilizados en otros entornos.
- El ecosistema tecnológico se sustenta sobre una sólida gestión técnica y metodológica proporcionada por los miembros del grupo de investigación.

- Aunque hay en el mercado soluciones *software* que cubren diferentes aspectos del ecosistema, las peculiaridades que tiene un grupo de investigación no están cubiertas por dicho *software*. El ecosistema tecnológico planteado permite establecer una conexión entre los diferentes componentes para proporcionar una funcionalidad adicional que no existe si se toman estos por separado.
- El uso de *software Open Source* permite realizar el desarrollo dentro del propio grupo de investigación con todas las ventajas que implica, tanto económicas como estratégicas y de adquisición de conocimientos.
- Integración de diferentes herramientas sociales como componentes satélite del ecosistema.
- Existe un primer nivel de centralización de los datos gracias al repositorio documental.
- El desarrollo incremental del ecosistema permite poner en explotación los diferentes componentes a medida que se realizaba su despliegue e integración.
- La resistencia al cambio propia de cualquier despliegue de nuevas tecnologías se ha cubierto mediante una serie de manuales así como un soporte técnico continuo a través de correo electrónico.

3.2.2. Análisis externo GRIAL 2.0

Amenazas:

- El grupo de investigación se mantiene gracias a la autofinanciación dentro de la Universidad de Salamanca por lo que si en algún periodo de tiempo no consigue proyectos de investigación, artículos 83 o un alto porcentaje de matriculados en los planes de formación que promueve, el planteamiento y la sostenibilidad del ecosistema tecnológico puede verse afectado.
- Al tratarse de una entidad dependiente de una institución pública, la Universidad de Salamanca, los planes de recorte llevados a cabo por el gobierno regional y/o nacional pueden afectar de manera directa al núcleo del grupo pudiendo paralizar la continua evolución y mejora del ecosistema tecnológico.

Oportunidades:

- La apuesta realizada por el *software Open Source* permite afrontar cambios en las herramientas *software* seleccionadas, de tal forma que si una de las herramientas queda obsoleta y es abandonada por la comunidad de desarrolladores de la misma, se puede sustituir por otra herramienta de características similares.
- El coste tecnológico para mantener el ecosistema es mínimo.

- La definición, planificación, desarrollo y puesta en marcha del ecosistema tecnológico ha aportado *know-how* a los implicados en el proyecto que les permite posicionarse adecuadamente en el ámbito tecnológico y metodológico relacionado con la gestión del conocimiento.
- Visibilidad que gana el grupo de investigación gracias a la estrategia de diseminación planteada.

3.3. Tagging, Recognition and Acknowledgment of Informal Learning Experiences (TRAILER)

El tercer ciclo Investigación-Acción se desarrolla en el marco del proyecto europeo TRAILER (*Tagging, Recognition and Acknowledgment of Informal Learning Experiences*), Tabla 1, financiado por la Unión Europea dentro del Lifelong Learning Programme en el subprograma ICT (KA 3) Multilateral Projects.

Entidad financiadora	European Union. Lifelong Learning Programme. Sub-Programme ICT (KA 3) Multilateral Projects.
Beneficiario	Universidad de Salamanca
Investigador principal	Francisco J. García Peñalvo
Partners	Universitat Politècnica de Catalunya (Spain) Open Universiteit Nederland (Netherlands) University of Bolton (United Kingdom) Dom Szkolen i Doradztwa Mykowska Aleksandra (Poland) Instituto Politécnico do Porto (Portugal) University of Belgrade (Serbia)
Referencia	519141-LLP-1-2011-1-ES-KA3-KA3MP
Fecha de inicio	01/01/2012
Fecha de fin	31/12/2013
Importe total	544.349€
URL	http://trailerproject.eu

Tabla 1: Ficha resumen del proyecto TRAILER

El principal objetivo del proyecto es lograr que tanto las instituciones u organizaciones (independientemente de su naturaleza o tipología) como las personas vinculadas a ellas adquieran conciencia de la importancia que tiene el aprendizaje informal para el desarrollo personal de los individuos y para la toma de decisiones corporativas, lo que viene a implicar una estrategia de gestión de conocimiento por ambas partes, institución y personas vinculadas a la institución, que incluya procesos que faciliten la realimentación entre ellos y el establecimiento de políticas en las que ambas partes salgan beneficiadas por el reconocimiento y puesta en valor de los activos propios del conocimiento informal.

El primer paso para que esto ocurra comienza con la identificación por parte del individuo de las actividades de aprendizaje informal y el proceso posterior en el que dichas actividades se hacen visibles a la institución de la que forma parte. Para llevar a cabo esta tarea es necesario el desarrollo de metodologías y herramientas que faciliten el proceso, con el objeto de hacerlo transparente tanto para el individuo como para la institución, además de permitir que todos los actores involucrados

formen parte de la mayoría de estos procesos.

Existen además una serie de subobjetivos en torno al objetivo principal:

- Crear canales de comunicación entre las actividades de aprendizaje informal y los entornos institucionales que el individuo va a utilizar para hacer que su aprendizaje informal sea visible para la organización. Se busca así entablar un diálogo sobre las competencias desarrolladas a través de estos procesos informales.
- Definir procedimientos y herramientas con las cuales el usuario pueda etiquetar situaciones de aprendizaje informal, para así asociarlas con un marco predefinido de competencias.
- Crear un espacio en el que las situaciones etiquetadas puedan ser almacenadas y organizadas por el individuo, para de esta manera relacionarlas con el desarrollo de una o varias competencias y tener la opción de hacerlas visibles a la organización de la que forma parte.
- Proporcionar al usuario información sobre otros usuarios con intereses similares, lo que promueve el aprendizaje social y colaborativo entre los usuarios del sistema.
- Facilitar a las personas con responsabilidades sobre los RRHH (Recursos Humanos) de la institución el análisis de la información que los individuos han hecho visible, con el fin de poder proporcionarles realimentación y soporte, definir acciones formativas formales y no formales a partir de las actividades informales y establecer un diálogo con el estudiante para promocionar o reconocer las competencias adquiridas.
- Planificar e implementar acciones de diseminación que involucren a todos los actores relacionados con la formación profesional, las universidades, los contextos de aprendizaje de adultos y el aprendizaje en el puesto de trabajo.
- Planificar e implementar acciones de explotación que promuevan la adopción del sistema en contextos tales como la formación profesional, las universidades, el aprendizaje de adultos y el aprendizaje en el puesto de trabajo.

Para alcanzar los objetivos descritos dos son los resultados principales que se desea alcanzar una vez finalizado el proyecto. En primer lugar, la definición y aplicación de un conjunto de metodologías y recomendaciones para la integración del aprendizaje informal en las instituciones y organizaciones. En segundo lugar, un ecosistema que proporcione el marco tecnológico adecuado para la gestión de competencias, especialmente aquellas adquiridas de manera informal, de tal forma que proporcione las herramientas necesarias para llevar a cabo dicha gestión desde el punto de vista de todos los actores involucrados, tanto los individuos como la institución a la que estos pertenecen.

Como en los casos de estudio previos, la base metodológica proporciona el marco teórico para definir el ecosistema tecnológico. La metodología definida plantea un ecosistema compuesto por cuatro elementos principales, tal y como se muestra en la Fig. 17. El elemento central del ecosistema es el *portfolio*, cuyo objetivo es proporcionar al usuario un conjunto de herramientas para poder etiquetar, gestionar y almacenar sus experiencias de aprendizaje, habilidades y competencias adquiridas en contextos de aprendizaje tanto formales como no formales. El *portfolio* debe ayudar al usuario a ser consciente de su propio aprendizaje, más allá de aquello que ha aprendido de manera formal.

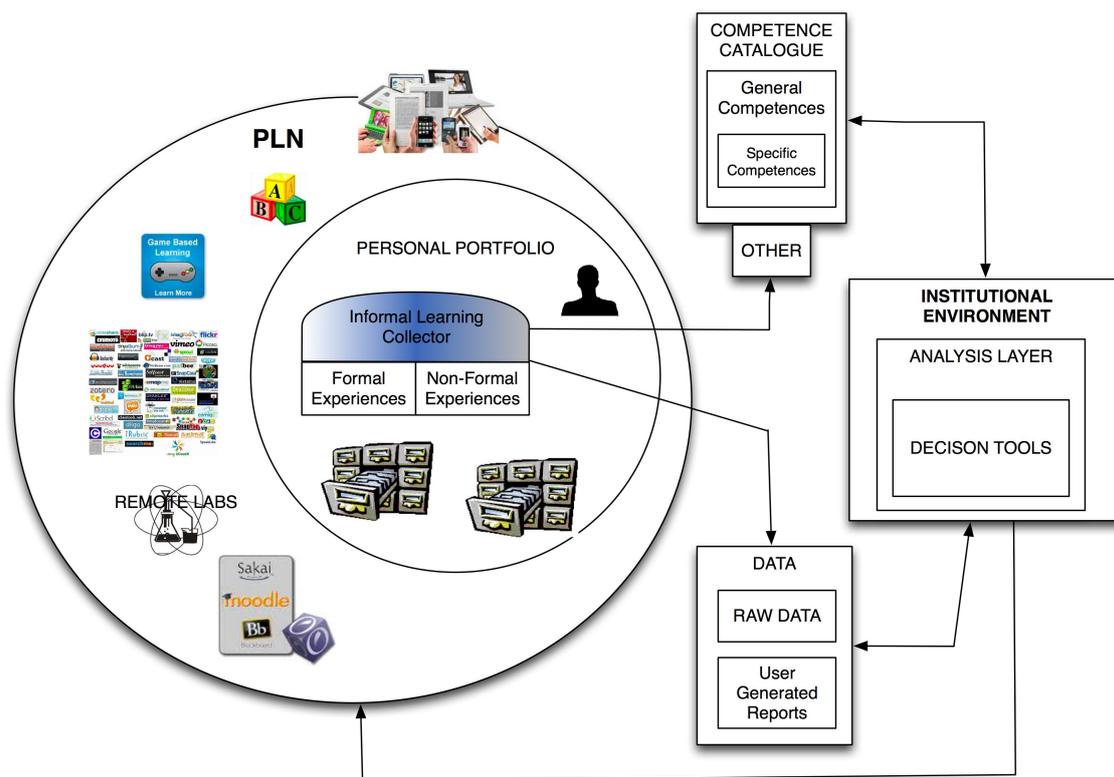


Figura 17: Aproximación metodológica del ecosistema TRAILER

Una correcta gestión de competencias dentro de cualquier institución proporciona información valiosa para la toma de decisiones. Además, las competencias de los estudiantes o empleados de una institución académica o una empresa definen a la entidad en cuestión. Por este motivo, y para facilitar a los usuarios la gestión de sus propias competencias, el segundo elemento del ecosistema TRAILER es un catálogo de competencias que agrupa tres subcatálogos o niveles de gestión. En primer lugar, existe un catálogo general de competencias obtenidas a partir de un estudio realizado durante los primeros meses de ejecución del proyecto. Dicho catálogo se ha obtenido a partir de la *International Standard Classification of Occupations*, ISCO-88 [51] y el ISCO-08 [52], elaborada por la Organización Internacional del Trabajo (<http://www.ilo.org>), una agencia perteneciente a las Naciones Unidas. El segundo nivel de definición de competencias radica en la institución, de tal forma que el catálogo general se completa con las competencias propias de la institución que explota su propio ecosistema TRAILER. El último nivel es el que corresponde a

las competencias definidas por el usuario, aquellas que este posee pero que no están reflejadas en el catálogo de competencias tal y como él lo percibe (la unión de las competencias generales y las institucionales). Esta definición por capas permite que el catálogo de competencias de TRAILER sea un componente vivo, que crece a medida que evoluciona cada uno de los ecosistemas TRAILER desplegados en distintas instituciones educativas y empresas, de tal forma que las competencias generales se alimentan de las institucionales, siguiendo una serie de criterios definidos en la metodología, y las competencias institucionales crecen a su vez a partir de las que añaden los individuos.

El tercer componente del ecosistema TRAILER definido en la metodología es el *Informal Learning Collector* (ILC) [3]. Se trata de un *middleware* que actúa de enlace entre el aprendizaje informal de los usuarios del ecosistema y su *portfolio*. Proporciona las herramientas necesarias para que los usuarios recolecten evidencias de su aprendizaje informal de tal forma que luego puedan incorporar a su *portfolio* las competencias asociadas a dichas evidencias.

La toma de decisiones forma parte de los objetivos del proyecto, de tal forma que la gestión de las competencias adquiridas de manera informal dentro de una entidad proporcione la información necesaria y los procesos adecuados para tomar decisiones relacionadas con el capital humano de la institución educativa, los estudiantes, o de la empresa, los empleados.

El cuarto componente del ecosistema TRAILER se corresponde con el entorno institucional [28], que contiene las herramientas necesarias para procesar toda la información gestionada en los *portfolios* de los individuos, así como el catálogo de competencias relativo a la institución, para abarcar así tanto las competencias institucionales como las de usuario.

A partir de la metodología descrita se plantea el desarrollo de un ecosistema tecnológico, no como un ecosistema único adecuado a las necesidades de un contexto particular como se venía haciendo en los ecosistemas tecnológicos previos, sino como un ecosistema tecnológico predefinido capaz de crecer y adaptarse a contextos muy variados sin perder de vista el objetivo principal para el que ha sido desarrollado y desplegado.

Congruentemente con la metodología se define la arquitectura del ecosistema. En el esquema de la Fig. 18 se pueden distinguir los cuatro componentes principales mencionados, así como la integración entre dichos componentes mediante la definición de interfaces y el uso de servicios web. El desarrollo del ecosistema no ha sido realizado por un único equipo, sino que cada uno de los componentes junto a las interfaces asociadas ha sido desarrollado por un equipo diferente, para involucrar en todo el proceso de definición del ecosistema a todos los *partners* del proyecto. El catálogo de competencias y el entorno institucional han sido responsabilidad del equipo de GRIAL, el *portfolio* ha sido desarrollado por la Open Universiteit Nederland (OUNL) y el ILC ha estado a cargo del equipo de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

Debido a las características del ecosistema algunos de los componentes han sido

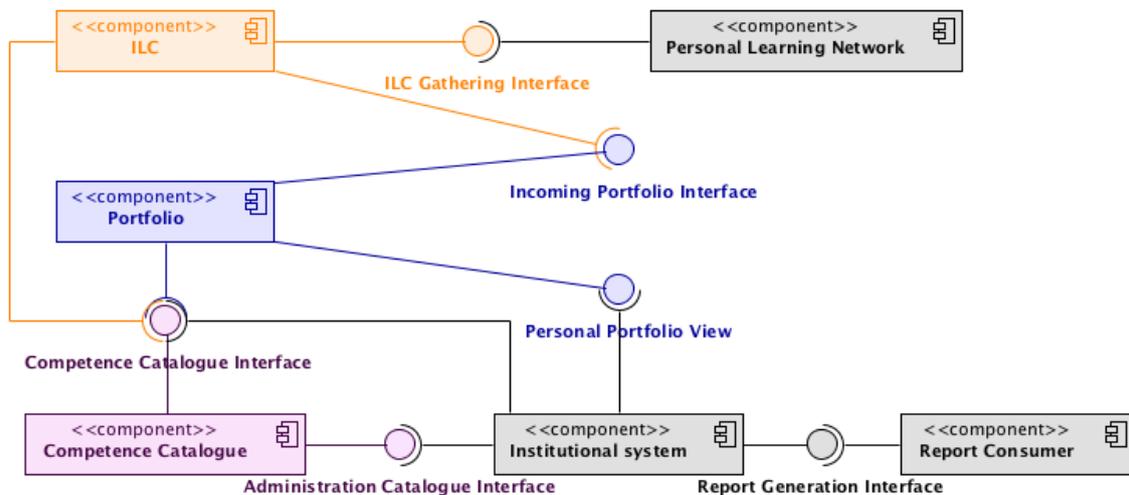


Figura 18: Arquitectura del ecosistema TRAILER [33]

desarrollados *ad-hoc*. El catálogo de competencias junto con el entorno institucional han tenido que ser diseñados y desarrollados desde cero, para ello se ha partido de los requisitos definidos de manera informal en la metodología y se ha realizado todo el proceso de ingeniería del *software* para llegar a un catálogo de competencias y un entorno institucional independientes entre sí pero con un alto grado de interoperabilidad, para permitir la gestión de las competencias desde el entorno institucional y proporcionar las interfaces necesarias para que el resto de componentes puedan conectarse.

El desarrollo del *portfolio* se ha llevado a cabo sobre Liferay (<http://liferay.com>), un CMS *Open Source* basado en Java. Por otro lado, el ILC se trata de un desarrollo basado en Moodle que mediante un *bookmarklet*, un marcador que hace referencia a un pequeño código en *Javascript*, proporciona al usuario una interfaz accesible desde cualquier página y navegador.

La integración de los diferentes componentes se ha realizado mediante servicios web que hacen uso de diferentes protocolos, REST [23] y JSON-RPC [35] entre otros.

El ecosistema tecnológico de TRAILER introduce grandes cambios tanto metodológicos como tecnológicos respecto a los planteamientos analizados en los casos de estudio previos. A la hora de realizar el análisis DAFO dichos cambios quedan patentes como se puede ver a continuación.

3.3.1. Análisis interno TRAILER

Debilidades:

- La integración a nivel de presentación mantiene la identidad corporativa pero sigue existiendo una falta de unicidad que muestre el ecosistema como un todo.
- El entorno institucional desarrollado *ad-hoc* es totalmente dependiente del

resto de componentes. A pesar de que la integración se ha realizado mediante servicios web, existen fuertes dependencias a nivel de lógica de negocio.

- No existe una gestión centralizada de los usuarios, tanto a nivel de datos como a nivel de autenticación, lo que supone un paso atrás en la usabilidad del ecosistema.
- No existe una explotación del carácter social en la gestión de las competencias, lo cual es una de sus mayores oportunidades.

Fortalezas:

- La integración se ha llevado a cabo mediante el uso de servicios web, gracias a lo que se consigue una independencia entre los componentes y se proporciona una funcionalidad adicional al establecer ciertos flujos de trabajo.
- El uso de *software Open Source* permite desarrollar el ecosistema con unos costes mínimos y de forma congruente con la política de uso de *software* libre promovida dentro de la Unión Europea.
- No existe en el mercado ninguna solución *software* que permita la gestión integral de competencias, tanto adquiridas de manera formal como informal, dentro de una institución o empresa.
- El ecosistema tecnológico se sustenta sobre una sólida gestión técnica y metodológica que involucra a diferentes universidad europeas coordinadas por el grupo GRIAL de la Universidad de Salamanca.
- La resistencia al cambio propia de cualquier despliegue de nuevas tecnologías se ha tenido en cuenta y se ha cubierto mediante una serie de talleres y experiencias piloto, las cuales han permitido definir los planes de explotación y la puesta en marcha del ecosistema en aquellas instituciones y empresas interesadas en darle valor a las competencias adquiridas de manera informal por sus estudiantes o empleados.
- El catálogo de competencias desarrollado *ad-hoc* puede ser reutilizado en otros entornos.
- Existe una gestión centralizada de las competencias gestionadas dentro del ecosistema.
- El desarrollo por componentes permite reducir los tiempos de desarrollo y de mantenimiento del ecosistema global.
- La arquitectura planteada permite la evolución de cada uno de los componentes del ecosistema de manera independiente e introducir nuevos componentes propios de la institución o empresa que despliegue el ecosistema TRAILER.
- Existe una visión global de los flujos de información gracias a las herramientas de toma de decisiones incorporadas en el entorno institucional.

- El portfolio posee soporte para dispositivos móviles mediante una aplicación desarrollada *ad-hoc*.

3.3.2. Análisis externo TRAILER

Amenazas:

- La estabilidad del ecosistema TRAILER depende de la financiación de la Unión Europea, lo puede afectar a la sostenibilidad del ecosistema tecnológico.
- Una mala coordinación entre las diferentes instituciones puede provocar graves consecuencias en el ecosistema tecnológico ya que, a nivel técnico, el *know-how* de cada componente lo posee el *partner* que lo ha desarrollado.

Oportunidades:

- El coste tecnológico para mantener el ecosistema es mínimo tanto por parte del equipo de TRAILER como por parte de la institución o empresa que despliegue el ecosistema para su uso interno.
- La definición, planificación, desarrollo y puesta en marcha del ecosistema tecnológico ha aportado *know-how* a los implicados en el proyecto que les permite posicionarse adecuadamente en el ámbito tecnológico y metodológico relacionado con la gestión de competencias y la toma de decisiones dentro de las instituciones y empresas.
- Visibilidad que gana el estudiante o empleado dentro de su institución o empresa.

4. Propuesta arquitectónica

A lo largo del periodo que abarca desde la definición del primer caso de estudio, el ecosistema tecnológico institucional de la Universidad de Salamanca, hasta el ecosistema TRAILER, existe una clara evolución tanto en el planteamiento de la solución como en la implementación de la misma. Dicha evolución queda patente si se observa cada uno de los análisis DAFO realizados, con especial hincapié en los apartados de debilidades y fortalezas donde los cambios de un ecosistema a otro son mayores, a la vez que se incorporan como fortalezas aquellos elementos que formaban parte de las debilidades en el ecosistema previo y se detectan nuevas debilidades que permitirán plantear mejoras en futuros ecosistemas.

Hay cinco ejes fundamentales que guían el análisis interno de cada uno de los ecosistemas tecnológicos: la gestión de usuarios, la gestión de la información o de los datos, la componente social, la integración entre los diferentes elementos del sistema y la capacidad de evolución de cada uno de ellos. Existe, además, otra serie de características que completan el análisis y que permiten establecer un patrón arquitectónico de un ecosistema tecnológico capaz de evolucionar y adaptarse a las necesidades cambiantes de los usuarios, así como a diferentes contextos tales como instituciones educativas, empresas o la Administración Pública.

Para llevar a cabo el análisis comparativo a partir de las matrices DAFO obtenidas en los ciclos de Investigación-Acción previos, se ha realizado una tabla que contiene el análisis interno de cada uno de los ecosistemas tecnológicos planteados (Fig. 19). La tabla se ha dividido en tres columnas, una por cada ecosistema analizado, colocadas por orden temporal. Las debilidades y las fortalezas se han agrupado en filas, para lo que se ha utilizado como criterio una serie de características básicas entre las que se incluyen los cuatro ejes fundamentales. Para distinguir las debilidades de las fortalezas, y poder ver la evolución del sistema de manera algo más visual, se ha utilizado el color rojo para indicar las debilidades y el negro para las fortalezas.

Si se observa la tabla de la Fig. 19 se pueden extraer una serie de indicios relevantes. En primer lugar, existe una clara evolución positiva desde el ecosistema institucional hasta el ecosistema TRAILER. El conjunto de debilidades se ve reducido, que han sido sustituidas por fortalezas. Esto ocurre en la toma de decisiones, la resistencia a los cambios, la componente social y la movilidad. La toma de decisiones aparece como una debilidad en el ecosistema institucional y en GRIAL 2.0 y, posteriormente, el ecosistema TRAILER incorpora las herramientas necesarias para convertir dicha debilidad en un elemento fundamental. Respecto a la resistencia a los cambios, en el ecosistema institucional la evolución del sistema a lo largo del tiempo no es uno de los objetivos principales pero, a la larga, la falta de flexibilidad y adaptabilidad a los cambios supone una debilidad del ecosistema, lo que provoca que dicha debilidad se torne en fortaleza en las siguientes soluciones planteadas. En cuanto a la componente social en el ecosistema institucional no se contempló la integración con redes sociales, lo que supone una gran debilidad especialmente si se tiene en cuenta el contexto tecnológico en el que se enmarca, la Web 2.0. En

Análisis de integración de soluciones basadas en *software* como servicio para la implantación de ecosistemas tecnológicos corporativos

	Universidad Virtual	GRIAL 2.0	TRAILER
Metodología	El ecosistema tecnológico se sustenta sobre una sólida gestión técnica y metodológica involucrando a diferentes servicios de la Universidad coordinados desde el Vicerrectorado de Innovación Tecnológica pero con poder para la toma de decisiones acerca del componente del ecosistema en cuya definición, implantación y gestión están implicados.	El ecosistema tecnológico se sustenta sobre una sólida gestión técnica y metodológica proporcionada por los miembros del grupo de investigación.	El ecosistema tecnológico se sustenta sobre una sólida gestión técnica y metodológica que involucra a diferentes universidad europeas coordinadas por el grupo GRIAL de la Universidad de Salamanca.
Novedad	Aunque hay en el mercado soluciones <i>software</i> que cubren diferentes aspectos del ecosistema, las peculiaridades que tiene una universidad no están cubiertas por dicho <i>software</i> . El ecosistema tecnológico planteado permite establecer una conexión entre los diferentes componentes, lo que permite llegar a una integración en el nivel de gestión de los datos y adaptarse a las necesidades de la institución.	Aunque hay en el mercado soluciones <i>software</i> que cubren diferentes aspectos del ecosistema, las peculiaridades que tiene un grupo de investigación no están cubiertas por dicho <i>software</i> . El ecosistema tecnológico planteado permite establecer una conexión entre los diferentes componentes para proporcionar una funcionalidad adicional que no existe si se toman estos por separado.	No existe en el mercado ninguna solución <i>software</i> que permita la gestión integral de competencias, tanto adquiridas de manera formal como informal, dentro de una institución o empresa.
Usuarios	El sistema es dependiente de la gestión de usuarios existente.	A pesar de que la autenticación de usuarios sea centralizada, no existe una gestión centralizada integral de usuarios, lo que impide un control global de los mismos. El uso de un servidor único de autenticación de usuarios introduce una capa de seguridad adicional.	No existe una gestión centralizada de los usuarios, tanto a nivel de datos como a nivel de autenticación, lo que supone un paso atrás en la usabilidad del ecosistema.
Información	El repositorio permite un primer nivel de centralización de datos de diversa procedencia institucional (investigación, docencia, archivo institucional y acervo histórico), además de una clasificación y etiquetado semántico. Amplia difusión de los contenidos al integrar el repositorio con los principales recolectores.	Los datos del repositorio documental no son accesibles de manera transparente desde cualquier punto del ecosistema, sino que su utilización fuera del repositorio debe hacerse de forma manual. Existe un primer nivel de centralización de los datos gracias al repositorio documental.	Existe una gestión centralizada de las competencias gestionadas dentro del ecosistema.
Integración	La integración entre los componentes no se ha realizado únicamente a nivel de lógica de negocio y de presentación, sino que ciertos flujos de información conllevan la integración a nivel de datos, lo que genera dependencias entre las aplicaciones. La integración a nivel de presentación no sigue una única identidad corporativa de tal forma que cada elemento, aunque se mantienen diseños similares y se sigue un diseño institucional, no proporcionaba unicidad. Interoperabilidad limitada a ciertas conexiones <i>ad-hoc</i> .	La integración a nivel de presentación mantiene la identidad corporativa pero sigue existiendo una falta de unicidad que muestre el ecosistema como un todo. La integración se ha llevado a cabo mediante el uso de servicios web, con lo que se mantiene la independencia entre los componentes y se proporciona una funcionalidad adicional al establecer ciertos flujos de trabajo.	El entorno institucional <i>ad-hoc</i> es totalmente dependiente del resto de componentes, a pesar de que la integración se ha realizado mediante servicios web, existen fuertes dependencias a nivel de lógica de negocio. web, gracias a lo que se consigue una independencia entre los componentes y se proporciona una funcionalidad adicional al establecer ciertos flujos de trabajo.
Movilidad	No existe soporte para dispositivos móviles.	No existe soporte para dispositivos móviles.	El portfolio posee soporte para dispositivos móviles mediante una aplicación desarrollada <i>ad-hoc</i> .
Social	No existe integración con redes sociales, de tal forma que la capa social se limita a los blogs.	Integración de diferentes herramientas sociales como componentes satélite del ecosistema.	No existe una explotación del carácter social en la gestión de las competencias, lo cual es una de sus mayores oportunidades.
Toma de decisiones	La toma de decisiones se basa en informes <i>ad-hoc</i> no automatizados.	Los flujos de diseminación permiten un mayor impacto de la información generada en el ecosistema pero no existe una visión global del impacto conseguido mediante dichos flujos. No existe ningún tipo de monitorización sobre el funcionamiento del ecosistema, no disponiendo de la información necesaria para tomar decisiones relativas a la evolución del mismo. No proporciona las herramientas necesarias para establecer flujos de trabajo relacionados con la toma de decisiones.	Existe una visión global de los flujos de información gracias a las herramientas de toma de decisiones incorporadas en el entorno institucional.
Evolución	La solución planteada a la hora de satisfacer los requisitos de información en el portal web introduce una fuerte resistencia al cambio. A pesar de realizar un desarrollo por módulos sustentado en un CMS muy flexible, la gran cantidad de funcionalidad que se implementó no tuvo en cuenta permitir la evolución del sistema. La versión de Drupal que hay disponible actualmente mejora considerablemente la versión utilizada en su momento en el portal web, pero la actualización del mismo a una nueva versión supondría un desarrollo desde cero. La gran envergadura del ecosistema requiere de un gran trabajo de mantenimiento y de un constante seguimiento para asegurar el correcto funcionamiento tanto desde el punto de vista metodológico como técnico. La gestión de usuarios basada en un sistema independiente a cada uno los del componentes que forman el ecosistema tecnológico permite asegurar que el sistema crezca y evolucione, que permite añadir nuevos componentes o cambiar los existentes con el fin de ajustarse a las necesidades cambiantes que surjan a lo largo de los años. comunidad universitaria.	Las soluciones <i>software</i> desarrolladas para satisfacer los requisitos de los diferentes componentes del sistema permiten la evolución del mismo, de tal forma que la actualización de alguno de los elementos <i>software</i> utilizados conlleva un esfuerzo mínimo de desarrollo.	La arquitectura planteada permite la evolución de cada uno de los componentes del ecosistema de manera independiente e introducir nuevos componentes propios de la institución o empresa que despliegue el ecosistema TRAILER.
Reutilización	Algunos de los desarrollos <i>ad-hoc</i> llevados a cabo no permite ningún tipo de reutilización.	Los desarrollos <i>ad-hoc</i> , a pesar de cubrir necesidades particulares del ecosistema GRIAL, pueden ser reutilizados en otros entornos.	El catálogo de competencias desarrollado <i>ad-hoc</i> puede ser reutilizado en otros entornos.
Open Source	El uso de <i>software Open Source</i> permite realizar el desarrollo dentro de la propia Universidad con todas las ventajas que implica, tanto económicas como estratégicas.	El uso de <i>software Open Source</i> permite realizar el desarrollo dentro del propio grupo de investigación con todas las ventajas que implica, tanto económicas como estratégicas y de adquisición de conocimientos.	El uso de <i>software Open Source</i> permite desarrollar el ecosistema manteniendo unos costes mínimos y siguiendo la política de uso de <i>software</i> libre promovida dentro de la Unión Europea.
Desarrollo	El desarrollo incremental del ecosistema permite poner en explotación los diferentes componentes a medida que se realizaba su despliegue e integración.	El desarrollo incremental del ecosistema permite poner en explotación los diferentes componentes a medida que se realizaba su despliegue e integración.	El desarrollo por componentes permite reducir los tiempos de desarrollo y de mantenimiento del ecosistema global.
Despliegue	La resistencia al cambio propia de cualquier despliegue de nuevas tecnologías se ha tenido en cuenta y se ha cubierto mediante una serie de planes estratégicos de formación, asesoramiento y evaluación y gestión de la calidad.	La resistencia al cambio propia de cualquier despliegue de nuevas tecnologías se ha cubierto mediante una serie de manuales así como un soporte técnico continuo a través de correo electrónico.	La resistencia al cambio propia de cualquier despliegue de nuevas tecnologías se ha tenido en cuenta y se ha cubierto mediante una serie de talleres y experiencias piloto que han permitido definir los planes de explotación y puesta en marcha del ecosistema en aquellas instituciones y empresas interesadas en darle valor a las competencias adquiridas de manera informal por sus estudiantes o empleados.

Figura 19: Análisis comparativo de los ecosistemas tecnológicos

GRIAL ocurre totalmente al contrario, se le da peso a la integración de herramientas sociales en el sistema mediante el establecimiento una estrategia de diseminación basada en flujos de información entre redes sociales y herramientas 2.0. En el ecosistema TRAILER se vuelve a dejar de lado la componente social ya que no existe una explotación del carácter social en la gestión de las competencias. Finalmente la movilidad no se contempló en el planteamiento del ecosistema institucional ni en el de GRIAL, de tal forma que el acceso desde los dispositivos móviles no era muy usable. Esto se transforma en fortaleza en el último caso de estudio, donde el portfolio de TRAILER dispone de una versión para móviles.

Ocurre también que algunas debilidades se han mantenido en el tiempo, de forma que están presentes con diferentes matices en los tres ecosistemas. Esta situación tiene lugar en dos de los ejes fundamentales que guían el análisis, los usuarios y la integración de los componentes. En el caso de la integración se puede ver una clara línea de evolución a pesar de que sigan existiendo debilidades. En el primer ecosistema la integración entre algunos componentes se ha realizado a nivel de datos, lo que introduce una fuerte dependencia e influye en la evolución del sistema y en su integración con otros componentes. En el segundo ecosistema la integración se realiza mediante servicios web, lo que posibilita una mayor independencia entre los componentes del sistema y queda patente como una fortaleza del mismo. En el tercer ecosistema vuelven a detectarse problemas de integración a nivel de datos, pero estos se reducen a un único componente del sistema. No ocurre lo mismo con la integración a nivel de presentación, un problema detectado desde el primer ecosistema y que se ha intentado mejorar sin grandes resultados.

Respecto a la gestión de usuarios, a pesar de ser una de las debilidades más alarmantes, existe en cada ecosistema ciertos matices que han impedido la evolución en este eje. El ecosistema institucional debía adaptarse a una solución ya existente, lo que afectó de manera directa a la definición e implantación del ecosistema. En GRIAL 2.0 se intenta dar solución a este problema mediante un servidor centralizado de autenticación, pero la gestión de los datos de todos los usuarios no se centraliza y están dispersos en los diferentes componentes del ecosistema. Finalmente, en el ecosistema TRAILER, la gestión de usuarios es uno de los mayores problemas debido a que, aunque se detectó a tiempo, la coordinación entre los diferentes equipos y los tiempos de desarrollo ajustados a la planificación temporal del proyecto no permitieron incorporar al ecosistema una gestión centralizada de usuarios.

Por otro lado, hay una serie de características que en ningún momento han tenido asociada alguna debilidad sino todo lo contrario, han formado parte de las fortalezas de cada uno de los ecosistemas tecnológicos estudiados. Todos los ecosistemas planteados cubren unas necesidades inherentes a un contexto que hasta el momento no estaban cubiertas por ninguna solución *software* existente. Además, en todos los casos la solución planteada se sustenta sobre una sólida base metodológica que permite una correcta definición del ecosistema y una adecuada gestión del mismo. La reutilización, el uso de *software Open Source* y el desarrollo incremental, propio de las metodologías de desarrollo ágiles utilizadas, son principios de desarrollo de *software* inherentes a la definición de ecosistema y, por tanto, solo son una debilidad si no se aplican.

Por último, la gestión de los datos se ha planteado de diferentes formas en cada uno de los ecosistemas, en todos ellos con un mismo objetivo, sentar las bases para una gestión centralizada de los datos. El ecosistema institucional supone un claro ejemplo a seguir, con el repositorio institucional como uno de los elementos más valiosos del sistema al estar integrado con los principales recolectores. En el ecosistema de GRIAL se sigue la experiencia previa y se establece un repositorio central, pero se ha detectado una debilidad que, a pesar de estar presente en el ecosistema institucional, en el del grupo de investigación se convierte en una necesidad que no ha sido cubierta, la integración del repositorio con el resto de componentes de tal forma que los documentos sean accesibles desde cualquiera de los elementos del ecosistema. En el caso del ecosistema TRAILER no existe la necesidad de tener un repositorio, pero sí de un catálogo de competencias que en el contexto del proyecto realiza las veces de repositorio documental. El catálogo de competencias se plantea con el fin de establecer una gestión centralizada de las competencias logrando el objetivo propuesto.

El análisis de las diferentes características a lo largo de los diferentes ecosistemas tecnológicos estudiados proporciona el marco adecuado para definir una serie de puntos en común que debe tener un ecosistema tecnológico:

- Establecimiento de una sólida base metodológica y de gestión de proyecto y riesgos.
- Definición clara de los procesos y *workflows* necesarios para gestionar el ecosistema.
- Gestión centralizada de usuarios, con cobertura tanto de la gestión de los datos como de la autenticación en todo el ecosistema.
- Gestión centralizada de los datos estáticos, para que puedan ser utilizados en los diferentes componentes del sistema.
- Integración de los componentes de manera transparente, para así asegurar la flexibilidad y la adaptabilidad del sistema frente a los cambios, es decir, se debe contar con un plan de aseguramiento de la evolución del ecosistema.
- Potenciación de la reutilización de los componentes del ecosistema, lo que a su vez se transforma en un beneficio para la evolución de los diferentes componentes.
- Integración a nivel de presentación que transmita unicidad, de tal forma que el usuario sea consciente de que se encuentra en el ecosistema.
- Fuerte componente social que permita la integración con herramientas sociales.
- Soporte para la toma de decisiones y para el análisis de los flujos de información que tienen lugar tanto dentro del ecosistema como provenientes del exterior y viceversa.

- Uso de *software Open Source* como base para el desarrollo de los componentes del sistema con el fin de beneficiarse de las ventajas de este tipo de *software*. Cabe destacar la posibilidad de la modificación del código, el soporte de una extensa comunidad de desarrolladores, así como la reducción de costes.
- Definición de las estrategias y los planes de formación e inmersión necesarios para facilitar la aceptación del ecosistema por parte de sus usuarios finales.

Tomando como punto de partida las características que debe tener un buen ecosistema tecnológico, se ha definido un patrón arquitectónico que permita sentar las bases del ecosistema teniendo siempre presente la flexibilidad y adaptabilidad de sus componentes con el objetivo de permitir la evolución de todos ellos.

Se plantea un patrón de cinco capas con una serie de elementos externos que se explicarán más adelante (Fig. 20). En primer lugar, la capa de infraestructura proporciona todos los servicios necesarios a nivel interno para que el sistema funcione correctamente. En esta capa deben existir, como mínimo, tres componentes: el servidor de correo; la gestión de usuarios abarcando tanto la gestión de los datos como la gestión de la autenticación; y la monitorización de los flujos de información que tienen lugar en todo el ecosistema, lo que permite una gestión centralizada de las estadísticas.

La siguiente capa no representa una capa en el sentido estricto de la palabra, ya que no separa los servicios de la infraestructura. Los ecosistemas tecnológicos gestionan gran cantidad de información, desde la información generada a partir de la interacción de los usuarios con el sistema hasta la información proveniente del exterior y que pasa a formar parte de alguno de los componentes del ecosistema. Una de las características que diferencian la arquitectura de un ecosistema de la arquitectura tradicional por capas es que toda esa información no se centraliza. Cada componente gestiona su propia información e interactúa con otros componentes mediante flujos predefinidos, pero hay un conjunto de datos, que denominaremos datos estáticos, que deben estar accesibles a todos los componentes del ecosistema, de tal forma que todos aquellos datos que se desea tener a disposición de todo el ecosistema se gestionarán de manera centralizada. Por este motivo se ha introducido en el patrón arquitectónico la capa de gestión de datos. Los diferentes componentes del sistema que necesiten datos estáticos accederán a un único punto, lo cual facilita enormemente la gestión de los mismos. La capa no es una capa al uso ya que puede haber componentes que no utilicen este tipo de datos, por ese motivo se representa con una longitud menor.

La tercera capa engloba el conjunto de componentes *software* que proporcionan los diferentes servicios a nivel de usuario. Los componentes pueden ser cualquier *software*, bien desarrollado *ad-hoc* para cubrir alguna necesidad particular del contexto en el se implementa el ecosistema, o un *software* ya existente, siempre cumpliendo la premisa de trabajar con *software Open Source*. Hay dos componentes que todo ecosistema debe tener. Por un lado, una herramienta para permitir la toma de decisiones mediante la gestión de los flujos de información y el uso del componente de monitorización descrito en la capa de infraestructura. Por otro lado, un componente

que facilite al resto de componentes la integración con las herramientas sociales.

La última capa se centra únicamente en la presentación. El ecosistema debe transmitir unicidad y para ello es necesario que la presentación del mismo no esté fuertemente ligada a cada uno de sus componentes. Esta capa también debe encargarse de asegurar la accesibilidad del ecosistema desde cualquier tipo de dispositivos.

Además de las capas descritas, existen otros dos elementos en el patrón arquitectónico propuesto. Se trata de la necesidad de tener como entrada en el ecosistema una sólida base metodológica que sustente la definición y el funcionamiento del sistema, así como una gestión de proyecto y de riesgos que asegure el cumplimiento de dicha metodología y la evolución del ecosistema a lo largo del tiempo.

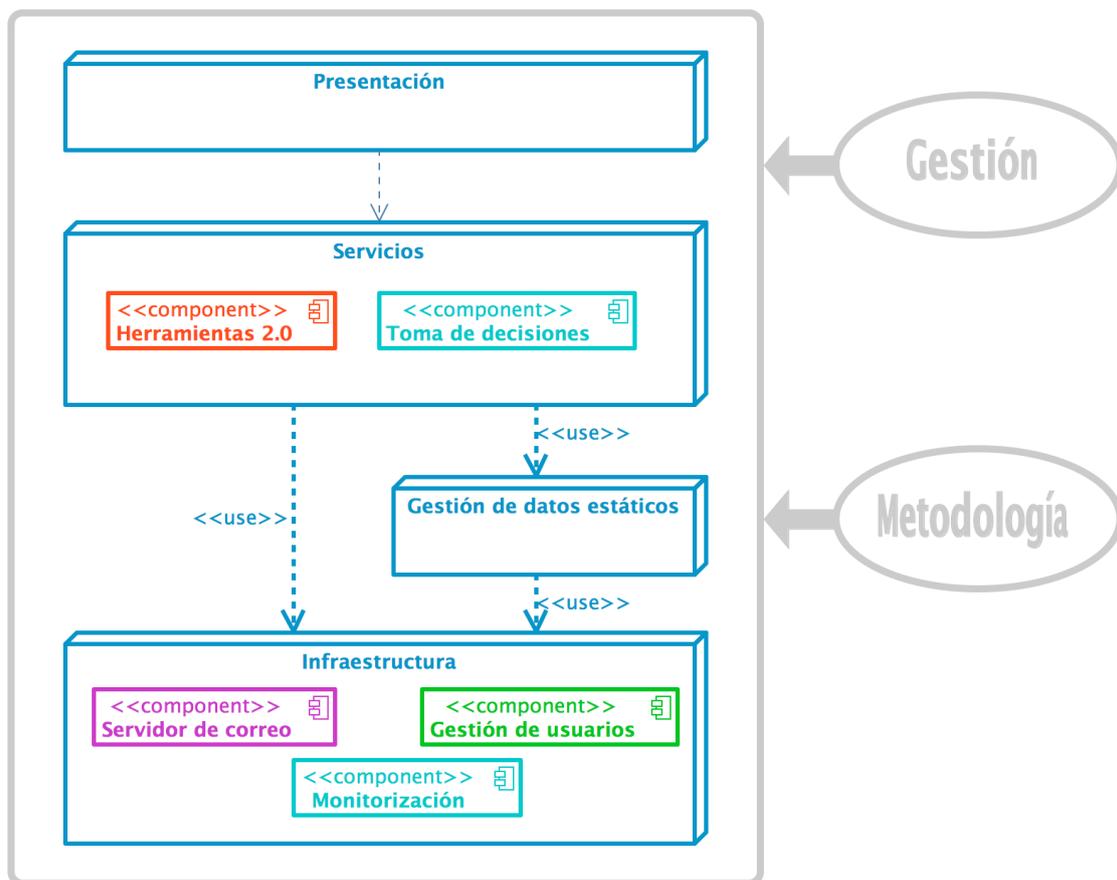


Figura 20: Propuesta de patrón arquitectónico

Para demostrar el funcionamiento de la propuesta arquitectónica, se ha llevado a un entorno real, concretamente a una Administración Pública, en la que se ha aplicado el patrón obteniendo un ecosistema mucho más flexible, adaptable, robusto y escalable que en los casos de estudio previos a la definición del patrón (Fig. 21). El desarrollo de cada componente ha sido llevado a cabo por equipos diferentes lo que permite poner a prueba la metodología, la gestión de proyecto y riesgos así como la integración transparente de los componentes.

El ecosistema desarrollado dispone de una gestión de usuarios totalmente cen-

tralizada. La gestión de los datos de usuario se realiza a través de OpenLDAP (<http://www.openldap.org>) que se conecta a un servidor CAS (*Central Authentication Service*) (<http://www.jasig.org/cas>), lo que proporciona un sistema de autenticación centralizado.

Para el servidor de correo se ha tenido que mantener Microsoft Exchange (<http://office.microsoft.com/exchange>), a pesar de no ser *software Open Source*, por exigencias de funcionamiento interno de la propia Administración Pública.

Además se ha introducido un tercer componente dentro de la capa de infraestructura, un servidor de indexación basado en Apache Solr (<http://lucene.apache.org/solr/>) que mejora notablemente las búsquedas en algunos de los servicios que forman el ecosistema y que además permite una integración transparente con los mismos, pudiendo ser eliminado o sustituido por otro de forma muy sencilla.

La centralización de los datos estáticos se realiza mediante el gestor documental Alfresco (<http://www.alfresco.com>), cuya funcionalidad se ha extendido mediante la definición de un conjunto de servicios REST que proporcionan una interfaz para que el resto de componentes puedan obtener los datos del repositorio.

La capa de servicios abarca en la actualidad tres componentes. El portal de información pública basado en Liferay (<http://liferay.com>). El banco de conocimiento que permite gestionar el conocimiento de toda la institución mediante dos subcomponentes, uno que permite el acceso a cualquier empleado con el fin de realizar consultas y buscar recursos, y otro componente destinado a perfiles especializados cuya labor es gestionar el banco de conocimiento, aportando materiales y gestionando los existentes. Todos los recursos del banco de conocimiento se almacenan en el gestor documental. Y por último, la red social para empleados, proporcionando un espacio basado en comunidades de prácticas cuyo objetivo es generar conocimiento a partir de la interacción de los usuarios, de tal forma que dicho conocimiento revierta al banco de conocimiento.

El ecosistema tecnológico para la Administración Pública pone a prueba el patrón arquitectónico propuesto obteniendo buenos resultados en el análisis DAFO que se muestra a continuación.

4.0.3. Análisis interno Administración Pública

Debilidades:

- La integración a nivel de presentación mantiene la identidad corporativa pero sigue existiendo una falta de unicidad que muestre el ecosistema como un todo.
- Los flujos de información entre los diferentes componentes del sistema están correctamente definidos pero no existe una visión global de los mismos.
- No existe ningún tipo de monitorización sobre el funcionamiento del ecosistema, por lo que no se dispone de la información necesaria para tomar decisiones relativas a la evolución del mismo.

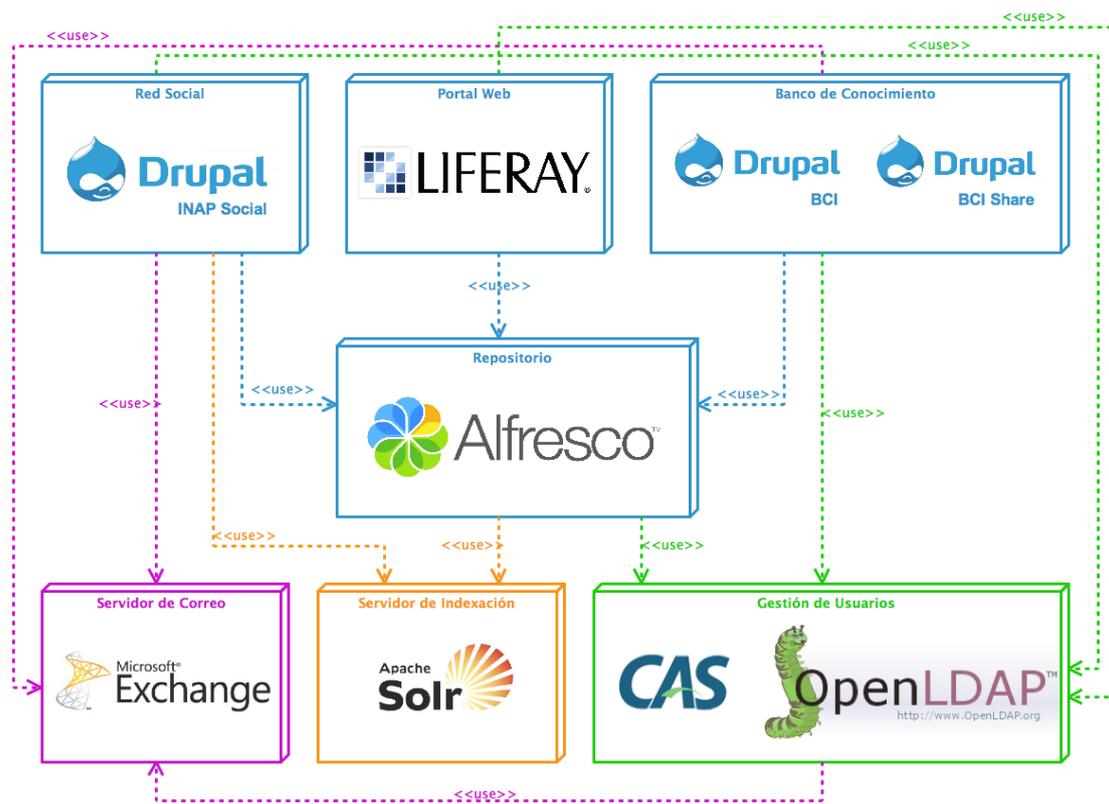


Figura 21: Arquitectura del ecosistema tecnológico para la Administración Pública

Fortalezas:

- La integración se ha llevado a cabo mediante el uso de servicios web, gracias a lo que se consigue una independencia entre los componentes y se proporciona una funcionalidad adicional al establecer ciertos flujos de trabajo.
- El uso de *software Open Source* permite desarrollar el ecosistema con unos costes mínimos y de forma congruente con la política de uso de *software* libre promovida desde el Gobierno de España.
- Las soluciones *software* desarrolladas para satisfacer los requisitos de los diferentes componentes del sistema permiten la evolución del mismo, de tal forma que la actualización de alguno de los elementos *software* utilizados conlleva un esfuerzo mínimo de desarrollo.
- El ecosistema tecnológico se sustenta sobre una sólida gestión técnica y metodológica que involucra a diferentes empresas coordinadas por el equipo perteneciente a la Administración Pública.
- La resistencia al cambio propia de cualquier despliegue de nuevas tecnologías se ha tenido en cuenta y se ha cubierto mediante una serie de talleres y experiencias piloto, las cuales han permitido definir los planes de explotación y la puesta en marcha del ecosistema para obtener un mayor impacto.

- Existe una gestión centralizada de los datos estáticos.
- El desarrollo incremental del ecosistema permite poner en explotación los diferentes componentes a medida que se realizaba su despliegue e integración.
- La arquitectura planteada permite la evolución de cada uno de los componentes del ecosistema de manera independiente e introducir nuevos componentes.
- Accesible desde cualquier tipo de dispositivo, adaptándose a la pantalla.
- Gestión centralizada de los usuarios, tanto de los datos como de la autenticación.
- Explotación de carácter social mediante un componente destinado a cubrir las necesidades sociales de todo el ecosistema.

4.0.4. Análisis externo Administración Pública

Amenazas:

- El proyecto del ecosistema se mantiene gracias a la financiación del Estado, no es dependiente de la Administración Pública con la que se ha trabajado por lo que si la financiación se corta, el planteamiento y la sostenibilidad del ecosistema tecnológico puede verse muy afectado.
- Decisiones de carácter político.
- Una mala coordinación entre las diferentes empresas involucradas en el desarrollo de los diferentes componentes del ecosistema puede provocar graves consecuencias en el ecosistema tecnológico ya que, a nivel técnico, el *know-how* de cada componente lo posee la empresa que lo ha desarrollado.

Oportunidades:

- La apuesta realizada por el *software Open Source* permite afrontar cambios en las herramientas *software* seleccionadas, de tal forma que si una de las herramientas queda obsoleta y es abandonada por la comunidad de desarrolladores de la misma, se puede sustituir por otra herramienta de características similares.
- El coste tecnológico para mantener el ecosistema es mínimo.
- La definición, planificación, desarrollo y puesta en marcha del ecosistema tecnológico ha aportado *know-how* a los implicados en el proyecto que les permite posicionarse adecuadamente en el ámbito tecnológico y metodológico relacionado con la gestión de conocimiento dentro de una entidad como lo es la Administración Pública.
- Visibilidad que gana tanto la Administración Pública como sus empleados dentro y fuera de la misma.

5. Conclusiones

Los ecosistemas tecnológicos suponen un paso adelante en el desarrollo de aplicaciones *software* adaptadas a las necesidades de las empresas e instituciones, tanto para la gestión del conocimiento y del aprendizaje como para cualquier otra tarea que se desarrolle dentro de las mismas.

La definición y desarrollo de este tipo de soluciones posee una mayor complejidad frente a los sistemas de información que se venían utilizando hasta hace algunos años. Esto se debe a que el ecosistema tecnológico se compone de un conjunto de organismos, componentes *software*, que deben permitir los flujos de información necesarios para gestionar adecuadamente el conocimiento de una entidad. Un flujo de información entre dos aplicaciones o componentes *software* implica que exista una integración entre estos componentes. Unido a esto, una de las principales características del ecosistema tecnológico es la capacidad de evolución y de adaptación a las necesidades y los cambios del contexto en el que se enmarca el ecosistema. Por tanto, la integración de componentes no se limita únicamente a establecer una conexión entre dos o más elementos sino que, además, la integración debe soportar la evolución de los componentes por separado y del ecosistema en su conjunto.

Cada ecosistema tecnológico es único, es muy difícil que dos instituciones o empresas compartan exactamente los mismos problemas y objetivos respecto a la gestión del conocimiento. En el caso de que esta situación se diera inicialmente, la componente evolutiva de los ecosistemas haría que esa similitud durara un corto periodo de tiempo ya que cada ecosistema evolucionaría de manera diferente, igual que ocurre en la naturaleza. La evolución de un ecosistema tecnológico es más sencilla de controlar que en un ecosistema natural pero la cantidad de variables que se manejan es grande por lo que la clave para que el sistema evolucione lo mejor posible es definirlo sobre una sólida base teórica probada en un contexto real.

Los casos de estudio que se han analizado en este trabajo han permitido obtener una visión global de los ecosistemas tecnológicos, tanto desde un punto de vista teórico como práctico. Durante el desarrollo del proyecto Universidad Digital de Salamanca se desempeñó una labor puramente técnica ligada al Campus Virtual junto a la definición e implementación desde cero el gestor de blogs Diarium. A partir de la experiencia y los conocimientos adquiridos durante ese periodo, unido a una intensa labor de investigación, se planteó el ecosistema GRIAL 2.0, que abarca los diferentes aspectos que conlleva una tarea de esas proporciones. Por último, en el proyecto europeo TRAILER, se ha trabajado desde el punto de vista de la metodología para plantear la definición del ecosistema y, a su vez, se ha participado en el desarrollo del catálogo de competencias.

Poder estudiar y analizar estas experiencias desde todas las perspectivas proporciona una visión que no se tenía antes de realizar este Trabajo de Fin de Máster. Cada caso de estudio, en el momento que se definió y desarrolló se había basado en los casos previos pero no existía un trabajo que agrupara todo este conocimiento.

El patrón arquitectónico propuesto supone un paso adelante en la evolución de

los ecosistemas tecnológicos. La experiencia llevada a cabo en la Administración Pública para gestionar todo el conocimiento que se genera dentro de la misma ha demostrado que el patrón propuesto funciona bien aunque se han detectado algunos puntos débiles que se deben mejorar.

El concepto de ecosistema tecnológico así como el patrón o patrones arquitectónicos sobre los que se sustenta, deben mantenerse en constante evolución de tal forma que cada vez se adapte mejor a las necesidades cambiantes de los usuarios y las entidades sin abandonar la apuesta por el desarrollo *Open Source*.

Este Trabajo de Fin de Máster sienta las bases para la realización de una futura tesis doctoral enmarcada en el contexto de los ecosistemas tecnológicos. Las posibles líneas de investigación que quedan abiertas tras este estudio son las siguientes:

- Mejora en la integración de soluciones tecnológicas *Open Source* con el objetivo de dejar de lado la integración *ad-hoc* de los componentes de un ecosistema.
- Determinar soluciones sobre la gestión de la vista en un ecosistema, transmitiendo una uniformidad que hasta ahora no se ha logrado por las dependencias de interfaz que existen en los diferentes componentes.
- Necesidad de un mayor grado de flexibilidad y adaptabilidad a los diferentes problemas y usuarios.
- Sistemas de toma de decisiones a partir del análisis de flujos de información.

6. Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado con el apoyo de la Junta de Castilla y León dentro del proyecto GR47 “eLearning sin barreras: Nuevos paradigmas de comunicación, servicios y modalidades de interacción para la formación en línea” (<http://grial.usal.es/grial/node/80>) y de la Comisión Europea dentro del proyecto 519141-LLP-1-2011-1-ES-KA3-KA3MP “Tagging, Recognition and Acknowledgment of Informal Learning Experiences (TRAILER)” (<http://trailerproject.eu>).

Bibliografía

- [1] Ernest Abadal. *Acceso abierto a la ciencia*, volume 5. Editorial UOC, 2012. [Citado en pág. 26.]
- [2] Gediminas Adomavicius, Jesse C. Bockstedt, Alok Gupta, and Robert J. Kauffman. Technology roles in an ecosystem model of technology evolution. *International Journal of Information Technology and Management - IJITM*, 2005. [Citado en pág. 17.]
- [3] Marc Alier, Nikolas Galanis, Enric Mayor, Jordi Piguillem, M^a J. Casany, Francisco J. García Peñalvo, and Miguel Ángel Conde González. Del ple al lms+portfolio: Integración de elementos de aprendizaje informal en moodle + mahara. In *MoodleMoot Madrid 2012. Globalización y Socialización (Madrid, España, 19-21 de septiembre de 2012)*, pages 24–29, 2012. [Citado en pág. 41.]
- [4] Tom Vander Ark. From LMS to Learning Ecosystem. <http://getttingsmart.com/2012/06/from-lms-learning-ecosystems/>, 2012. [Citado en pág. 17.]
- [5] Richard L. Baskerville. Investigating information systems with action research. *Communications of the AIS*, 2(3es):4, 1999. [Citado en págs. 5 y 8.]
- [6] Mark Berthelemy. Definition of a learning ecosystem. <http://www.learningconversations.co.uk/main/index.php/2010/01/10/the-characteristics-of-a-learning-ecosystem?blog=5>, 2013. [Citado en pág. 15.]
- [7] Rafael Bisquerra Alzina. *Metodología de la investigación educativa*. Manuales de Metodología de Investigación Educativa. Editorial La Muralla, S.A., 2004. [Citado en pág. 6.]
- [8] Dong Bo, Zheng Qinghua, Yang Jie, Li Haifei, and Qiao Mu. An E-learning Ecosystem Based on Cloud Computing Infrastructure. In *Advanced Learning Technologies, 2009. ICALT 2009. Ninth IEEE International Conference on*, pages 125–127, 2009. [Citado en págs. vi, 18 y 19.]
- [9] Gerard Briscoe and Alexandros Marinos. Digital ecosystems in the clouds: towards community cloud computing. In *Digital Ecosystems and Technologies, 2009. DEST'09. 3rd IEEE International Conference on*, pages 103–108, 2009. [Citado en pág. 18.]
- [10] James Brodo. Today's Ecosystem of eLearning. http://www.enebuilder.net/salesmarketing/e_article000615779.cfm, 2006. [Citado en pág. 16.]
- [11] Rajkumar Buyya, Chee Shin Yeo, Srikumar Venugopal, James Broberg, and Ivona Brandic. Cloud computing and emerging it platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility. *Future Generation computer systems*, 25(6):599–616, 2009. [Citado en págs. 1 y 18.]

- [12] Elizabeth Chang and Martin West. Digital Ecosystems A Next Generation of the Collaborative Environment. *the Eight International Conference on Information Integration and Web-Based Applications & Services*, 214:3–23, 2006.
[Citado en págs. vi, 12 y 14.]
- [13] European Commission. European Union Public Licence (EURL). <http://joinup.ec.europa.eu/software/page/eupl>.
[Citado en pág. 2.]
- [14] European Commission. Digital Ecosystems: The New Global Commons for SMEs and local growth. <http://www.digital-ecosystems.org/doc/papers/d5-intro-for-the-press.pdf>, 2006.
[Citado en págs. 11 y 12.]
- [15] Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company. *The American Heritage Science Dictionary*. Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company, 2010.
[Citado en pág. 15.]
- [16] Miguel A. Conde, Francisco García-Peñalvo, María J. Rodríguez-Conde, Marc Alier, and Alicia García-Holgado. Perceived openness of Learning Management Systems by students and teachers in education and technology courses. *Computers in Human Behavior*, 2013.
[Citado en pág. 4.]
- [17] Charles Darwin and Gillian Beer. *The origin of species*. Oxford University Press, 1951.
[Citado en pág. 4.]
- [18] Oficina de Cooperación Universitaria (OCU), editor. *Libro Blanco de la Universidad Digital 2010*. Ariel y Colección Fundación Telefónica, 2008.
[Citado en pág. 23.]
- [19] Vicerrectorado de Innovación Tecnológica. Proyecto Estrategia Digital 2010. <http://www.usal.es/webusal/node/1258>.
[Citado en págs. 23 y 24.]
- [20] José Esteves and Joan Pastor. An ERP lifecycle-based research agenda. In *First International workshop in Enterprise Management and Resource Planning: Methods, Tools and Architectures-EMRPS*, volume 99, 1999.
[Citado en pág. 12.]
- [21] Carlos Ferran and Ricardo Salim. Enterprise resource planning for global economies. *Idea Group Inc (IGI)*, 2008.
[Citado en pág. 11.]
- [22] Irene Karaguilla Ficheman and Roseli de Deus Lopes. Digital Learning Ecosystems: Authoring, Collaboration, Immersion and Mobility. In *Advanced Learning Technologies, 2008. ICALT '08. Eighth IEEE International Conference on*, pages 371–372, 2008.
[Citado en pág. 17.]
- [23] Roy Thomas Fielding. *Architectural styles and the design of network-based software architectures*. PhD thesis, University of California, 2000.
[Citado en pág. 42.]
- [24] European Commission Directorate-General for Informatics (DIGIT). Strategy for internal use of OSS at the EC. http://ec.europa.eu/dgs/informatics/oss_tech/index_en.htm.
[Citado en pág. 2.]

- [25] Francisco José García Peñalvo, Carlos García de Figuerola, and José Antonio Merlo. Open knowledge management in higher education. *Online Information Review*, 34(4):517–519, 2010. [Citado en pág. 26.]
- [26] Francisco José García Peñalvo, José Antonio Merlo Vega, Tránsito Ferreras Fernández, Abel Casaus Peña, Lorenzo Albás Aso, and Ma Luisa Atienza Díaz. Qualified Dublin Core metadata best practices for Gredos. *Journal of Library Metadata*, 10(1):13–36, 2010. [Citado en pág. 26.]
- [27] Alicia García Holgado. GRIAL 2.0 Una propuesta de integración de servicios y aplicaciones web en un portal académico personalizable. Master’s thesis, University of Salamanca, March 2011. [Citado en págs. 8 y 31.]
- [28] Francisco J. García-Peñalvo and Miguel Ángel Conde González. Knowledge management and decision making based on informal learning activities in business. In *Proceedings of the 2nd Global Innovation and Knowledge Academy (GIKA 2013) (Valencia, Spain, July 9-11, 2013)*, 2013. [Citado en pág. 41.]
- [29] Francisco J. García-Peñalvo, María José Rodríguez Conde, Antonio M. Seoane Pardo, Valentina Zangrando, and Alicia García Holgado. GRIAL (GRupo de investigación en InterAcción y eLearning), USAL. *Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, 2012. [Citado en pág. 4.]
- [30] Francisco José García-Peñalvo. *Libro Blanco de la Universidad Digital 2010*, chapter Docencia, pages 29–61. Ariel y Colección Fundación Telefónica, 2008. [Citado en págs. vi, vi, vi, 23, 24, 25 y 26.]
- [31] Francisco José García-Peñalvo, Miguel Ángel Conde-González, Valentina Zangrando, Alicia García-Holgado, Antonio M. Seoane Pardo, Marc Alier, Nikolas Galanis, Francis Brouns, Hugh Vogten, Dai Griffiths, Aleksandra Mykowska, Gustavo Ribeiro Alves, and Milos Minović. TRAILER project (Tagging, Recognition, Acknowledgment of Informal Learning Experiences). a Methodology to make visible learners’ informal learning activities to the institutions. *Journal of Universal Computer Science*, 2013. [Citado en pág. 8.]
- [32] Francisco José García-Peñalvo, Carlos García de Figuerola, and José Antonio Merlo. Open knowledge: Challenges and facts. *Online Information Review*, 34(4):520–539, September 2010. [Citado en pág. 26.]
- [33] Francisco José García-Peñalvo, Valentina Zangrando, Alicia García-Holgado, Miguel Ángel Conde-González, Antonio M. Seoane Pardo, Marc Alier, Jose Janssen, Dai Griffiths, Aleksandra Mykowska, and Gustavo Ribeiro Alves. TRAILER project overview: Tagging, Recognition and Acknowledgment of Informal Learning Experiences. In *Computers in Education (SIIE), 2012 International Symposium on*, pages 1–6. IEEE, 2012. [Citado en págs. vi, 8 y 42.]
- [34] Aberdeen Group et al. The ABCs of ERP: An Executive Primer, 2004. [Citado en pág. 12.]

- [35] JSON-RPC Working Group et al. Jsn-rpc 2.0 specification, 2012. [Citado en pág. 42.]
- [36] Tom Haymes. Toward a Model for a Technology Ecosystem. <http://www.nmc.org/news/toward-model-technology-ecosystem>, 2012. [Citado en pág. 17.]
- [37] Terry Hill and Roy Westbrook. SWOT analysis: It's time for a product recall. *Long Range Planning*, 30(1):46 – 52, 1997. [Citado en pág. 8.]
- [38] Hyperakt, Google Chrome, and Vizzuality. La evolución de la Web. <https://evolutionofweb.appspot.com>. [Citado en págs. VI y 1.]
- [39] Open Source Initiative. The Open Source Definition. <http://opensource.org/osd>. [Citado en pág. 2.]
- [40] Joshua. Multisite - Sharing the same code base. <https://drupal.org/documentation/install/multi-site>, 2008. [Citado en pág. 26.]
- [41] Stephen Kemmis. Point-by-point guide to action research. *Victoria: Deakin University*, 1984. [Citado en pág. 6.]
- [42] Simon Kemp. Social Brands: Go Mobile Or Stand Still. <http://wearesocial.sg/blog/2013/04/social-brands-go-mobile-or-stand-still/>. [Citado en págs. VI y 2.]
- [43] Mart Laanpere. Digital Learning ecosystems: rethinking virtual learning environments in the age of social media. <http://es.slideshare.net/martlaa/digital-learning-ecosystems>, 2012. [Citado en págs. VI, 14 y 15.]
- [44] Antonio Latorre Beltran. *La investigación-acción: Conocer y cambiar la práctica educativa*. GRAO - CASTELLANO. EDITORIAL GRAO, 2003. [Citado en pág. 6.]
- [45] Kurt Lewin. Action research and minority problems. *Journal of social issues*, 2(4):34–46, 1946. [Citado en pág. 5.]
- [46] Allison Littlejohn. The Dynamics of Learning Ecosystems: literacies and resources. <http://littlebylittlejohn.com/learning-ecosystem/>, 2011. [Citado en pág. 17.]
- [47] Robin McTaggart and Stephen Kemmis. *The action research planner*. Deakin university, 1988. [Citado en pág. 6.]
- [48] Energía y Turismo Ministerio de Industria and Junta de Extremadura. Centro Nacional de Referencia de Aplicación de las TIC basadas en fuentes abiertas. <http://www.cenatic.es>. [Citado en pág. 2.]
- [49] NSW Department of Education, Professional Learning Training, and Leadership Development Directorate. A Guide to Action Research. Digital Education Revolution NSW. <https://www.det.nsw.edu.au/proflearn/research/actres.htm>, 2010. [Citado en págs. VI y 7.]

-
- [50] Tim O'Reilly. What Is Web 2.0. Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software. *International Journal of Digital Economics*, 65:17–37, 2007. [Citado en pág. 1.]
- [51] International Labour Organization. ISCO-88. <http://www.ilo.org/public/english/bureau/stat/isco/isco88/index.htm>, 1987. [Citado en pág. 40.]
- [52] International Labour Organization. ISCO-08. <http://www.ilo.org/public/english/bureau/stat/isco/isco08/index.htm>, 2007. [Citado en pág. 40.]
- [53] Kai Pata. Meta-design framework for open learning ecosystems. <http://tihane.wordpress.com/2011/06/09/meta-design-framework-for-open-learning-ecosystems-at-mupple-lecture-series/>, 2011. [Citado en pág. 14.]
- [54] Mercedes Suárez Pazos. Algunas reflexiones sobre la investigación-acción colaboradora en la educación. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(1):1–17, 2002. [Citado en pág. 5.]
- [55] Chris Pirie. E-learning Ecosystems: The Future of Learning Technology. http://clomedia.com/articles/view/e_learning_ecosystems_the_future_of_learning_technology/2, 2004. [Citado en pág. 16.]
- [56] Ken Schwaber. SCRUM Development Process. In *Proceedings of the 10th Annual ACM Conference on Object Oriented Programming Systems, Languages, and Applications (OOPSLA)*, pages 117–134, 1995. [Citado en pág. 8.]
- [57] Ken Schwaber and Mike Beedle. *Agile Software Development with SCRUM*. Pearson, 2008. [Citado en pág. 9.]
- [58] Nathan Siemers. Uluru - Kata Tjuta National Park (Australia). <http://www.flickr.com/photos/nosha/2836119312/>, 2008. [Citado en págs. VI y 22.]
- [59] Nathan Siemers. Beauty - Akumal, Quintana Roo (Mexico). <http://www.flickr.com/photos/nosha/3643964334/>, 2009. [Citado en págs. VI y 22.]
- [60] Larousse Editorial S.L. *Diccionario Enciclopédico Vox 1*. Larousse Editorial S.L., 2009. [Citado en pág. 15.]
- [61] Richard M. Stallman and GNU Emacs Manual. Free Software Foundation. *El proyecto GNU-Fundación para el software libre*, 1999. [Citado en pág. 2.]
- [62] S. Subashini and V. Kavitha. A survey on security issues in service delivery models of cloud computing. *Journal of Network and Computer Applications*, 34(1):1–11, 2011. [Citado en pág. 2.]
- [63] Loma Uden, Ince Trisnawaty Wangsa, and Ernesto Damiani. The future of E-learning: E-learning ecosystem. In *Digital EcoSystems and Technologies Conference, 2007. DEST'07. Inaugural IEEE-IES*, pages 113–117. IEEE, 2007. [Citado en págs. 4, 12, 16 y 18.]

- [64] Aaron Weiss. Computing in the Clouds. *netWorker*, 11(4):16–25, December 2007. [Citado en pág. 1.]
- [65] Trevor Wood-Harper. Research Methods in Information Systems: Using Action Research. In Mumford et. al, editor, *Research Methods in Information Systems*, pages 169–191. North-Holland, 1985. [Citado en pág. 8.]
- [66] Qi Zhang, Lu Cheng, and Raouf Boutaba. Cloud computing: state-of-the-art and research challenges. *Journal of Internet Services and Applications*, 1(1):718, 2010. [Citado en pág. 18.]