

Patrón arquitectónico para la definición de ecosistemas de *eLearning* basados en desarrollos *open source*

Alicia García-Holgado; Francisco José García-Peñalvo
GRIAL Research Group - IUCE
Universidad de Salamanca, USAL
Salamanca, Spain
aliciagh@usal.es

Resumen—La alta penetración de los ecosistemas tecnológicos basados en *software Open Source*, como solución tecnológica para dar soporte a la gestión del conocimiento en entidades e instituciones, plantea nuevos problemas en el desarrollo e integración de componentes *software*. El objetivo de este trabajo ha sido elaborar un patrón arquitectónico que permita sentar las bases para definir e implementar ecosistemas *eLearning*. Para la definición del patrón se ha partido de un análisis comparativo de las Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades de una serie de casos de estudio reales desarrollados en diferentes ámbitos. Como resultado, se ha obtenido un patrón arquitectónico formado por varias capas y un conjunto de elementos externos que permite dar solución a los principales problemas detectados en el desarrollo de ecosistemas tecnológicos. El patrón ha sido probado en un contexto real, concretamente una Administración Pública, lo que ha permitido demostrar su correcto funcionamiento.

Palabras clave—*ecosistemas eLearning, sistemas de información, patrón arquitectónico, ingeniería del software, software reusable, software Open Source.*

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los últimos años cada vez son más las empresas e instituciones que apuestan por el uso del Software Libre [1] y los desarrollos *Open Source* [2] como soporte tecnológico para gestionar el conocimiento que se genera dentro de las mismas.

En este contexto, las soluciones planteadas para dar soporte a los diferentes problemas y objetivos relacionados con la gestión del conocimiento se basan en la definición e implementación de ecosistemas tecnológicos, conjunto de componentes *software* que se relacionan entre sí mediante flujos de información en un medio físico que proporciona el soporte para dichos flujos [3].

En el caso de la gestión del conocimiento orientado al aprendizaje, los ecosistemas *eLearning* permiten adaptarse a la evolución en la gestión de la formación que tiene lugar tanto en empresas como en instituciones.

A pesar de los beneficios que reporta el uso de ecosistemas tecnológicos, su implantación en las entidades que optan por este tipo de soluciones posee mayor complejidad frente a los sistemas que se venían utilizando hasta hace algunos años ya que implica, a grandes rasgos, la integración de diferentes

componentes que deben ser capaces de evolucionar tanto por separado como en conjunto.

Dentro del Grupo de investigación en InterAcción y *eLearning* (GRIAL) de la Universidad de Salamanca [4], se ha participado en el desarrollo de diversos ecosistemas tecnológicos orientados a la gestión del conocimiento en diferentes ámbitos con objeto de solucionar problemas reales [5][6].

El análisis de las Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO) [7] de cada uno de estos ecosistemas ha permitido identificar los problemas subyacentes y elaborar un patrón arquitectónico [8] cuyo objetivo es sentar las bases para definir e implementar ecosistemas *eLearning* [9] capaces de dar solución a los diferentes problemas de gestión del conocimiento que se plantean en cualquier tipo de entidad o institución, y que se describe en el presente trabajo. Tanto la descripción de los casos de estudio, así como el análisis comparativo de los mismos, que suponen la base de experiencia para definir el patrón propuesto, se pueden consultar en trabajos previos [10][11].

En las siguientes secciones se describe el entorno y condiciones que deben existir para poder aplicar el patrón, los problemas que permite solucionar, la solución planteada, un ejemplo real en el que se ha utilizado el patrón y, por último, las conclusiones obtenidas.

II. CONTEXTO

La gestión del conocimiento se encuentra entre las principales necesidades que debe cubrir cualquier tipo de entidad o institución [12][13]. Desde la pequeña y mediana empresa (PYME) hasta los grandes grupos de empresas, y desde los centros de formación hasta las universidades, generan una gran cantidad de conocimiento que si no se gestiona de manera adecuada puede acarrear grandes pérdidas tanto a nivel económico como humano.

Las empresas e instituciones utilizan sistemas de información para dar soporte a todos los procesos internos y apoyar los procesos de negocio externos. Para ello disponen de diferentes elementos *software* entre los que se puede encontrar principalmente los denominados ERP (Enterprise Resources

Planning), “sistemas compuestos 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” [14].

La importancia de darle valor a la gestión del conocimiento ha ido en incremento en los últimos años, lo que ha llevado a instituciones y empresas a buscar soluciones tecnológicas que cubran sus nuevas necesidades y que complementen a los sistemas de información que se venían utilizando habitualmente. Los ecosistemas tecnológicos proporcionan una solución a este problema. Muchas entidades e instituciones han incorporado nuevas herramientas *software* dentro de sus flujos de trabajo integrándolas con los componentes *software* propios de cada entidad, con objeto de dar soporte a las necesidades emergentes.

Los ecosistemas tecnológicos son, por tanto, la evolución de los sistemas de información. El ecosistema tecnológico se pueden definir como 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 [3].

III. PROBLEMAS

El análisis comparativo de diferentes soluciones *software* basadas en ecosistemas tecnológicos ha permitido detectar los principales problemas que surgen a la hora de implantar este tipo de soluciones en una entidad o institución:

- La gestión del conocimiento dentro de una institución o entidad depende de un gran número de factores tanto internos (perfil de los empleados, flujos de trabajo, etc.) como externos (contexto cultural, mercado, etc.), que influyen de forma directa en la definición y evolución del ecosistema tecnológico sobre el cual se sustenta dicha gestión.
- Se genera gran cantidad de conocimiento que no recibe la visibilidad adecuada hacia el exterior del ecosistema tecnológico.
- La falta de conocimientos del mercado TIC por parte de las empresas e instituciones supone un problema a la hora de definir la solución que mejor se adapte a sus necesidades. Son muchas las entidades que recurren a la personalización y adaptación de soluciones *software* propietarias. Este tipo de *software* requiere una constante inversión para soportar las necesidades cambiantes del negocio. La integración con otros sistemas así como el propio mantenimiento se convierte en un problema, tanto económico como logístico, para las empresas que optan por este tipo de soluciones.
- Muchas entidades e instituciones ya poseen soluciones tecnológicas que hay que integrar dentro del nuevo ecosistema tecnológico.
- Las soluciones basadas en *software Open Source* se adaptan mejor a las necesidades cambiantes de las entidades pero la gran oferta existente dificulta la elección de las herramientas adecuadas.
- Existe una gran cantidad de aplicaciones que pueden ser requeridas por una entidad para dar respuesta a sus necesidades. La falta de una correcta conexión entre las diferentes herramientas, tanto a nivel tecnológico como metodológico, conlleva muchas veces la falta de consistencia en los datos, los cuales están dispersos en las diferentes aplicaciones, lo que hace imposible disponer de una visión global de la información y el conocimiento generados dentro de la entidad.
- La mayor parte de las aplicaciones proporcionan herramientas para la gestión y autenticación de los usuarios lo que supone un problema de usabilidad que se agrava exponencialmente cuando el número de componentes del ecosistema se incrementa.
- La integración de los componentes no se realiza siempre a nivel de lógica de negocio y de presentación, sino que se realiza una integración a nivel de datos que genera fuertes dependencias entre las aplicaciones lo que supone un obstáculo a la hora de asegurar la evolución del ecosistema.
- La definición del ecosistema se lleva a cabo, en muchos casos, desde fuera de la propia entidad o institución lo que supone un mayor esfuerzo a la hora de definir correctamente los flujos de información y los objetivos que se desea alcanzar con la
- Existe una fuerte componente evolutiva en los ecosistemas tecnológicos con el objetivo de adaptarse a la evolución natural de las entidades e instituciones. Esta evolución se puede llevar a cabo a través de los mecanismos que se describen a continuación. Dependiendo del mecanismo utilizado la evolución afectará al sistema de una u otra manera o, incluso, no podrá llevarse a cabo:
 - Cada componente evoluciona por separado, de tal forma que debe poder ser actualizado. La actualización de un componente puede suponer la mejora de algún aspecto ya existente o la incorporación de nueva funcionalidad. En ambos casos la actualización debe ser totalmente transparente para el ecosistema.
 - Se pueden sustituir unos componentes por otros, bien para dar soporte a una nueva necesidad de la organización o para mejorar la funcionalidad proporcionada.

- A lo largo del tiempo las necesidades de la entidad pueden evolucionar de tal forma que se necesite realizar modificaciones en la arquitectura del ecosistema. Por ejemplo, si se lleva a cabo una redefinición de los flujos de información.
- Por último, Alspaugh [15] introduce un cuarto mecanismo de evolución que no depende de la entidad o del propio ecosistema, sino que se debe a un cambio de licencia en alguno de los componentes. Este cambio puede provocar desde una actualización en la licencia bajo la que se encuentra el ecosistema hasta cambios en alguno de los componentes para cumplir los nuevos requisitos de la licencia.

IV. SOLUCIÓN

El patrón arquitectónico propuesto se basa en el patrón de capas (*Layers*) definido por Buschmann [8] y describe la arquitectura lógica de los ecosistemas tecnológicos, independientemente del despliegue físico del sistema (Fig. 1).

Las ideas esenciales del patrón son las siguientes:

- Asegurar una evolución sostenible del ecosistema tecnológico en todas sus vertientes de una forma transparente, de tal forma que dicha evolución no afecte al sistema en producción.
- Lograr un alto grado de integración y cohesión entre los componentes del ecosistema.
- Permitir la gestión centralizada de los diferentes componentes del ecosistema, haciendo especial hincapié en la gestión de los datos.
- Integración a nivel de presentación que transmita unicidad, de tal forma que el usuario sea consciente de que se encuentra en el ecosistema.
- Permitir una gestión centralizada de usuarios, con cobertura tanto de la gestión de los datos como de la autenticación en todo el ecosistema.
- 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.

Se plantea un patrón de cuatro capas de tal forma que las capas inferiores engloban servicios generales de bajo nivel que proporcionan una serie de servicios a los componentes localizados en las capas superiores. Las dependencias entre capas se establecen desde las más altas hacia las más bajas, lo que evita el acoplamiento y facilita la reutilización de los componentes de bajo nivel.

La primera capa se denomina capa de infraestructura y engloba aquellos servicios que proporcionan un conjunto de funcionalidades básicas para el correcto funcionamiento de los componentes *software* situados en las capas superiores.

Se recomienda que esta capa contenga, como mínimo, tres componentes. En primer lugar, un servidor de correo para dar soporte tanto a la mensajería asíncrona como a las posibles notificaciones, alertas, suscripciones, etc. que puedan llevarse a cabo desde otros componentes. En segundo lugar, se debe centralizar la gestión de usuarios, tanto de autenticación como de datos, a través de uno o varios componentes. Por último, se deben monitorizar los flujos de información que tienen lugar en el sistema para permitir una gestión centralizada de las estadísticas que servirá como base para la toma de decisiones.

La centralización de toda la información, tanto generada como utilizada, dentro del ecosistema tecnológico introduce un alto grado de dependencia entre los diferentes componentes del sistema. Para evitar este problema, cada componente gestiona su propia información y, en aquellos casos en los que se requiere información de otros componentes se definen los flujos de información adecuados. Únicamente en aquellos casos que exista un conjunto de datos que deben ser accedidos por la mayoría de los componentes del ecosistema, se introducirá la capa de gestión de datos estáticos, denominados así por tratarse de datos que no están en constante cambio.

La tercera capa, denominada servicios, agrupa los componentes *software* que cubren las necesidades específicas de la entidad o institución y con los cuales interactúan los usuarios. Esta capa introduce un alto grado de flexibilidad y adaptabilidad ya que permite la incorporación, modificación y eliminación de diferentes componentes *software* a lo largo del tiempo sin que afecte al resto de la arquitectura.

Todo ecosistema tecnológico debe proporcionar entre sus servicios dos herramientas básicas. Una herramienta para permitir la toma de decisiones mediante la gestión de los flujos de información y el uso del componente *software* de monitorización descrito en la capa de infraestructura.

Por otro lado, la gestión del conocimiento no se centra únicamente en los procesos internos que se llevan a cabo dentro de una entidad o institución sino que 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. Por ello se introduce en la capa de servicios un componente o conjunto de componentes que permita extender los flujos de información más allá del ecosistema tecnológico.

La cuarta capa se centra únicamente en la presentación. Uno de los mayores problemas de usabilidad en los ecosistemas tecnológicos reside en la falta de unicidad entre los diferentes componentes *software*, de tal forma que el usuario lo perciba como un todo en vez de como las partes que lo componen. La capa de presentación tiene como objetivo solucionar este problema, de tal forma que la presentación se desacople de la funcionalidad proporcionada por la capa de servicios. Además, cada vez es más habitual el acceso a los ecosistemas tecnológicos desde cualquier tipo de dispositivo por lo que la

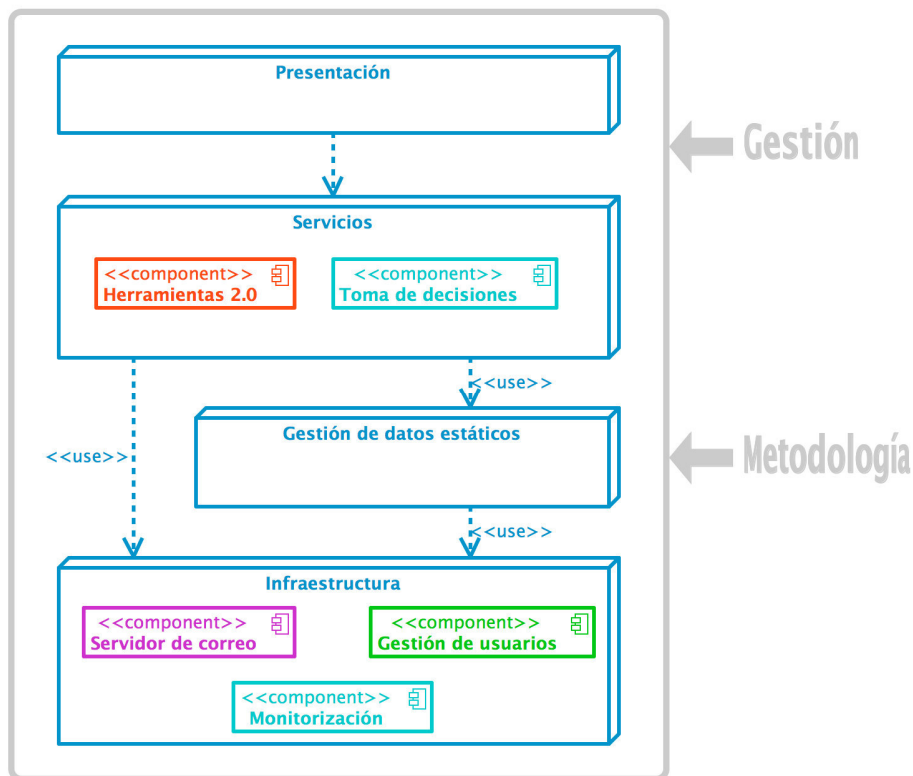


Figura 1. Patrón arquitectónico

capa de presentación debe encargarse de asegurar la accesibilidad del ecosistema desde los mismos.

Por último, el patrón arquitectónico propuesto se completa con dos elementos necesarios para lograr ecosistemas robustos que cubran las necesidades de forma adecuada y que puedan evolucionar según las decisiones tomadas dentro de la entidad o institución. 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.

V. EJEMPLO

A la hora de aplicar el patrón tanto los componentes como las relaciones entre los mismos pueden variar de un ecosistema a otro. Así mismo, el número de capas puede variar en función de las necesidades de la institución para la cual se desarrolla el ecosistema.

Para demostrar el funcionamiento de la propuesta arquitectónica, se ha llevado a un contexto real, concretamente a una Administración Pública. Cabe destacar que el desarrollo de cada componente ha sido llevado a cabo por equipos diferentes

lo que ha permitido poner a prueba la metodología, la gestión de proyecto y riesgos así como la integración transparente de los componentes.

La arquitectura implementada se plantea en tres capas, infraestructura, gestión de datos estáticos y servicios (Fig. 2). En cuanto a la capa de presentación, se ha mantenido la identidad corporativa a nivel de presentación pero no se ha obtenida una unicidad que muestre el ecosistema como un todo.

En primer lugar, una capa de infraestructura entre cuyos componentes principales se encuentra: el servidor de correo basado en Microsoft Exchange (<http://office.microsoft.com/exchange>), el único software utilizado que no es *Open Source* pero que se requiere por exigencias de funcionamiento interno de la propia Administración Pública; el servidor de indexación basado en Apache Solr (<http://lucene.apache.org/olr/>) cuyo objetivo es mejora notablemente las búsquedas en los diferentes servicios que ofrece el ecosistema; y la gestión y autenticación centralizada de usuarios soportada gracias a la combinación de OpenLDAP (<http://www.openldap.org>) y CAS (Central Authentication Service) (<http://www.jasig.org/cas>).

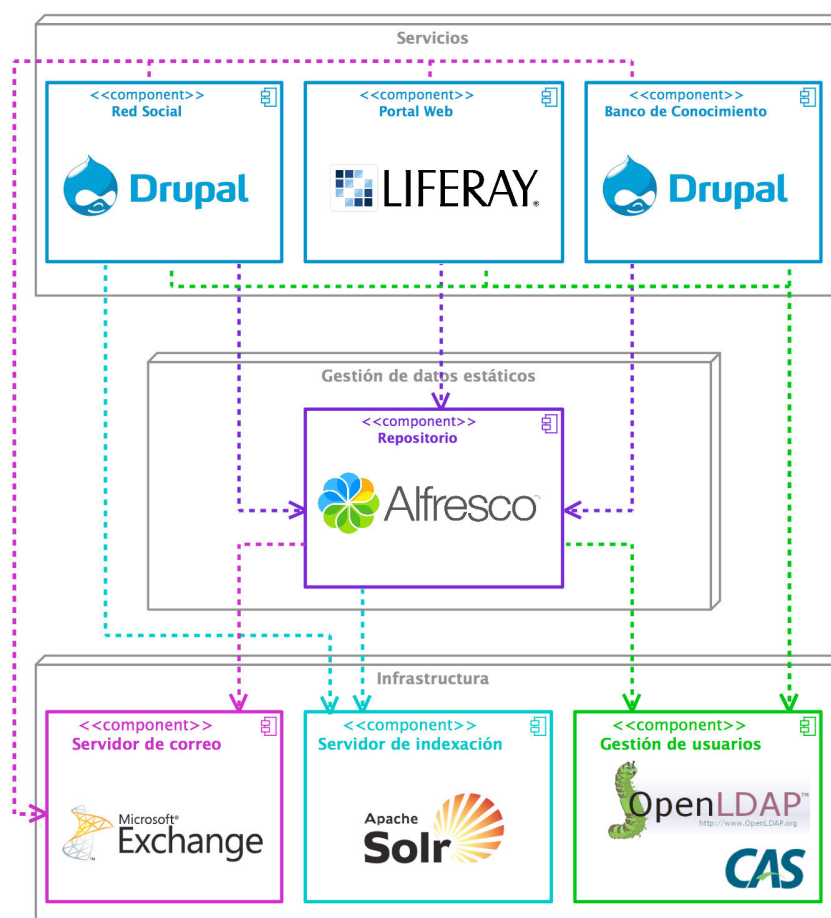


Figura 2. Arquitectura del ecosistema tecnológico para la Administración Pública

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.

Por último, la capa de servicios abarca en la actualidad tres componentes. La Red Social para empleados públicos, que proporciona 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 revierte en otro de los servicios del ecosistema, el Banco de Conocimiento. Ambos componentes, basados en Drupal (<http://www.drupal.org>), se conectan de forma indirecta a través de la capa de gestión de datos estáticos, de tal forma que existe

total independencia a nivel de servicio. El tercer componente es el portal de información pública basado en Liferay (<http://liferay.com>).

VI. CONCLUSIONES

Los ecosistemas *eLearning* permiten gestionar el conocimiento generado en cualquier tipo de entidad o institución. Este tipo de soluciones posee una serie de ventajas frente a los sistemas de información utilizados hasta hace algunos años pero, a su vez, su implantación conlleva un mayor grado de complejidad, dando lugar a diferentes problemas.

El patrón arquitectónico propuesto ofrece una solución a los problemas detectados, de tal forma que permite definir ecosistemas tecnológicos para la gestión del aprendizaje con un alto grado de integración y cohesión entre los componentes del

ecosistema, así como potenciar la componente evolutiva de los ecosistemas en todas sus vertientes, desde la actualización de componentes hasta la redefinición de los flujos de información.

VII. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación se ha realizado dentro del Programa de Doctorado en Formación en la Sociedad del Conocimiento de la Universidad de Salamanca <http://knowledgesociety.usal.es>.

Los autores quieren dar las gracias al Grupo de Investigación en InterAcción y eLearning (GRIAL) <http://grial.usal.es> y al Instituto Universitario de Ciencias de la Educación (IUCE) de la Universidad de Salamanca <http://iuce.usal.es> por sus contribuciones y soporte.

VIII. REFERENCIAS

- [1] R. M. Stallman and GNU Emacs Manual, "Free Software Foundation," *El proyecto GNU-Fundación para el software libre*, 1986.
- [2] Open Source Initiative. (2008). *Open Source Definition*. Available: <http://www.opensource.org>
- [3] A. García Holgado and F. J. García Peñalvo, "Análisis de integración de soluciones basadas en software como servicio para la implantación de ecosistemas tecnológicos corporativos," in *Avances en Informática y Automática. Séptimo Workshop*, J. Cruz-Benito, A. García-Holgado, S. García-Sánchez, D. Hernández-Alfageme, M. Navarro-Cáceres, and R. Vega-Ruiz, Eds., ed Salamanca: Departamento de Informática y Automática de la Universidad de Salamanca, 2013, pp. 55-72.
- [4] F. J. García, M. J. Rodríguez, A. M. Seoane, M. Á. Conde, V. Zangrando, and A. García, "GRIAL (GRupo de investigación en InterAcción y eLearning), USAL," *Informática Educativa Comunicaciones*, 2012.
- [5] F. J. García-Peñalvo, "Docencia," in *Libro blanco de la Universidad digital 2010*, J. L. Orueta and L. M. Pavón, Eds., ed: Ariel. Colección Fundación Telefónica. Cuaderno 11, 2008, pp. 29-61.
- [6] F. J. García-Peñalvo, V. Zangrando, A. García-Holgado, M. Á. Conde-González, A. M. Seoane Pardo, M. Alier, et al., "TRAILER project overview: Tagging, recognition and acknowledgment of informal learning experiences," in *Computers in Education (SIEE), 2012 International Symposium on*, 2012, pp. 1-6.
- [7] T. Hill and R. Westbrook, "SWOT analysis: it's time for a product recall," *Long range planning*, vol. 30, pp. 46-52, 1997.
- [8] F. Buschmann, R. Meunier, H. Rohnert, P. Sommerlad, and M. Stal, "Pattern-oriented software architecture: a system of patterns. 1996," *Part II*, 2001.
- [9] L. Uden and E. Damiani, "The future of E-learning: E-learning ecosystem," in *Digital EcoSystems and Technologies Conference, 2007. DEST '07. Inaugural IEEE-IES*, 2007, pp. 113-117.
- [10] A. García-Holgado, "Análisis de integración de soluciones basadas en software como servicio para la implantación de ecosistemas tecnológicos corporativos," Master's thesis, University of Salamanca, 2012.
- [11] A. García-Holgado and F. J. García-Peñalvo, "The evolution of the technological ecosystems: an architectural proposal to enhancing learning processes," presented at the Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality, Salamanca, Spain, 2013.
- [12] P. Quintas, P. Lefrere, and G. Jones, "Knowledge management: A strategic agenda," *Long Range Planning*, vol. 30, pp. 385-391, 6// 1997.
- [13] F. J. García-Peñalvo and M. Á. Conde, "Knowledge Management and decision making based on informal learning activities in business," in *Proceedings of the 2nd Global Innovation and Knowledge Academy (GIKA 2013)*
- [14] J. Esteves and J. Pastor, "An ERP lifecycle-based research agenda," in *1st International Workshop in Enterprise Management & Resource Planning*, 1999.
- [15] T. A. Alspaugh, H. U. Asuncion, and W. Scacchi, "The Role of Software Licenses in Open Architecture Ecosystems," in *IWSECO@ ICSR*, 2009.
- [16] J. Bosch, "Architecture challenges for software ecosystems," in *Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture: Companion Volume*, 2010, pp. 93-95.