

Comunidades de Aprendizaje en Redes Sociales y su Relación con los MOOC

Juan Cruz-Benito, Oriol Borrás-Gené, Francisco J. García-Peñalvo, Ángel Fidalgo Blanco, Roberto Therón

Title— Learning communities in social networks and their relationship with the MOOCs.

Abstract— This article discusses how MOOC users learn and participate in cooperative environments that promote learning communities within external hypermedia environments such as the social networks. In order to develop this study, researchers analyzed the interaction of users enrolled in a course developed under the iMOOC platform, which is based on concepts like connectivism, collaborative learning, gamification, or adaptivity, among others. Specifically, this study deal with obtaining information about the conversations that take place in external learning communities within social networks like Google+ and Twitter in parallel with the iMOOC platform itself, so that through this information is possible to establish the learning types that experience users (non-formal and informal learning usually) and providing an estimation of how users interact with content tagged in social network, and how they use these tagging facilities to continue or create new conversations that allow them to expand or strengthen their learning process developed in the MOOC. To complete the knowledge extracted from these tags and to understand how users interact with this way of metadata declaration, the study is complemented by a questionnaire that collected how users the utilize and understand of these tags based on the main usages and the age of the users of the MOOC.

Index Terms— Interaction, HCI, Analysis, E-learning, MOOCs, Collaborative learning, Social networks, Knowledge society, Software Architectures

I. INTRODUCCIÓN

La aparición de Internet y el concepto de eLearning han modificado el modo en el que los humanos aprendemos e interaccionamos con el conocimiento [1-5]. Concretamente, este cambio ha sufrido un acusado proceso de aceleración con la aparición de nuevas teorías,

Juan Cruz-Benito y Francisco J. García-Peñalvo son miembros Grupo de Investigación GRIAL y del Departamento de Informática y Automática de la Universidad de Salamanca. Salamanca, España (e-mails: juancb@usal.es y fgarcia@usal.es, ORCID ID: 0000-0003-2045-8329 y 0000-0001-9987-5584).

Oriol Borrás-Gené es miembro del Gabinete de Tele-Educación (GATE) de la Universidad Politécnica de Madrid (email: oriol.borras@upm.es, ORCID ID: 0000-0002-1866-1857).

Roberto Therón es miembro del Departamento de Informática y Automática de la Universidad de Salamanca y del Grupo de Investigación GRIAL de la Universidad de Salamanca. Salamanca, España (email: theron@usal.es, 0000-0001-6739-8875)

Ángel Fidalgo Blanco es Director del Laboratorio de Innovación en Tecnología de la Información de la Universidad Politécnica de Madrid, España (email: afidalgo@dmami.upm.es, ORCID ID: 0000-0003-4034-7757).

metodologías, herramientas y sistemas diseñados e implementados para aprovechar más y mejor el medio *online* para facilitar la adquisición de conocimiento y aprendizaje por parte de los discentes interesados, sin importar edad, sexo u otras condiciones personales [6, 7]. La evolución de los ecosistemas tecnológicos [8] destinados a soportar el eLearning ha dado lugar a entornos capaces de adaptarse al usuario [9-11], proveer de técnicas de *gamificación* [12-14] al proceso de adquisición de conocimiento, ofrecer herramientas de aprendizaje colaborativo [15], analizar su aprendizaje y actuar en consecuencia para reforzarlo [16, 17], o proporcionar los medios necesarios para multiplicar el número de alumnos que pueden cursar una materia simultáneamente en una plataforma virtual [18]. Especialmente en boga están estos últimos entornos de aprendizaje, más conocidos como MOOC (*Masive Online Open Courses*) [19]. Estos entornos de aprendizaje ponen a disposición de multitud de usuarios (miles en muchos casos) clases virtuales a modo de contenedores de conocimiento que proporcionan de forma abierta recursos de aprendizaje para todos aquellos usuarios matriculados en el curso, así como métodos y sistemas para reforzar esa adquisición de conocimiento desde distintos de vista [20-22].

Por otra parte, además de la revolución que ha supuesto el eLearning dentro del ámbito del aprendizaje, es necesario destacar que el auge de sistemas y metodologías como las que se utilizan como soporte de los MOOC se debe en buena parte a que el aprendizaje actualmente no se concibe desde el clásico punto de vista formal. De acuerdo con la literatura [23-30], actualmente, se pueden distinguir tres tipos de aprendizaje asociados al concepto del aprendizaje:

- Aprendizaje formal es “aquel que ocurre en entornos organizados y estructurados (en una institución educativa o en un entorno laboral) y está diseñado explícitamente como aprendizaje en términos de objetivos, tiempo y recursos. Típicamente desemboca en procesos de validación y certificación sobre el conocimiento adquirido”.
- Aprendizaje no formal es “aquel que está embebido en actividades planificadas sin estar explícitamente planteado como aprendizaje. A pesar de ello, ocasionalmente el aprendizaje no formal puede ser validado y conducir a certificaciones”.
- Aprendizaje informal es “aquel que resulta de actividades diarias relacionadas con el trabajo, la familia, o el ocio. Se trata de un aprendizaje no organizado ni estructurado en términos de

objetivos, temporalización o soporte de estructuras típicas relacionadas con el aprendizaje”.

La combinación de estos tipos de aprendizaje (especialmente los no formales e informales) con sistemas y metodologías puramente relacionadas con el eLearning han abierto, y abren a día de hoy, nuevas perspectivas en cuanto a la formación del individuo del siglo XXI desde un punto de vista continuado en el tiempo, multivariado en cuanto a los recursos que puede *consumir* y ubicuo en cuanto a la disponibilidad. En el momento actual, donde la información desborda al individuo *influxándolo*, disponer de los medios y vehículos para conducir verdadero y valioso conocimiento hasta las personas puede ser una de las piedras angulares en la construcción de una sociedad más sabia y avanzada.

Entre esos vehículos de información, aparecen desde hace unos años multitud de recursos hipermedia entre los que destacan fundamentalmente los sitios web, foros, blogs, y desde hace unos años las redes sociales [31]. Éstas redes sociales soportan verdaderas comunidades de aprendizaje [32] donde se desarrollan conversaciones, se comparten contenidos en modo abierto, se establecen relaciones entre usuarios (de una forma horizontal en muchos casos), se produce interacción entre personas y entidades digitales, etc. Es decir, las redes sociales constituyen una verdadera *placa de Petri* donde los usuarios conforman sociedades digitales desarrollando estructuras de comunicación, patrones de consumo (en este caso información) y redes de usuarios de un modo amplio. Es en esas redes sociales, en esas sociedades digitales, donde pueden confluir varios de los aspectos comentados previamente: el eLearning en un contexto no formal o informal, y también formal [33]. Como comentan diversos autores [34-36], las conversaciones informales y el contenido presente en redes sociales es, actualmente, una de las formas más exitosas de adquirir conocimiento extra y mejorar la experiencia de aprendizaje en cursos *online*. Por otra parte, ciertas conversaciones e interacciones que tienen lugar en redes sociales pueden ser consecuencia de la realización por parte de los usuarios de redes sociales de algún tipo de actividad de aprendizaje (*online* u *offline*) [37]. En este sentido, es posible citar la teoría del Conectivismo [38, 39], la cual promulga que el proceso de aprendizaje se enriquece mediante la conexión de estudiantes, docentes y recursos *online*, y a la que se le puede añadir que las redes sociales son un medio perfecto para mejorar esta conexión [40, 41], de modo que se favorece así el afloramiento de verdaderas comunidades de aprendizaje y práctica conectadas [42].

El presente manuscrito trata exactamente sobre estas últimas cuestiones, en él se plantea el estudio de las conversaciones informales, y la interacción de los alumnos de un curso de un MOOC con contenidos del propio MOOC tanto de una forma no formal como informal [43-48]. El MOOC concreto que se ha usado para realizar el estudio se trata de una plataforma MOOC desarrollada por la Universidad Politécnica de Madrid, la Universidad de Zaragoza y la Universidad Salamanca llamado iMOOC; basado en el aprendizaje no formal e informal y que cuenta con características de adaptatividad, gamificación, o aprendizaje colaborativo entre otros. En la sección 2 (Materiales y Métodos) se proporciona una descripción más completa sobre el iMOOC.

De este modo, los objetivos del presente artículo podrían resumirse de la siguiente forma:

1. Estudiar las conversaciones e interacción de los usuarios con el contenido del MOOC o relacionado en redes sociales como Google+ o Twitter y cómo los usuarios utilizan recursos de etiquetado en dichas redes (*hashtags*) [49].
2. Determinar si existen patrones o coincidencias entre el uso de las redes sociales y el desarrollo del MOOC por parte de los usuarios.
3. Evaluar si es posible utilizar el desempeño de usuarios en MOOCs y redes sociales para establecer paralelismos entre ambos y determinar los tipos de aprendizaje que se dan en estos entornos para poder aprovechar ese conocimiento mediante la retroalimentación del entorno educativo MOOC.

Estos objetivos, así como el resto del contenido y conceptos necesarios para trabajar con ellos se comentan en las siguientes secciones: Materiales y Métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Materiales

1) iMOOC

La plataforma iMOOC o *intelligent-MOOC* [50, 51] dentro del cual, entre otras acciones, se incluye la creación de una plataforma de MOOCs basada en aprendizaje adaptativo e informal [26, 52-54]. Para alcanzar dicho objetivo el proyecto parte de la plataforma de eLearning Moodle (<http://goo.gl/Le9y9j>), en concreto la versión 2.6.5, aprovechando su gran versatilidad.

Este aprendizaje adaptado es posible gracias al uso de diferentes herramientas que ofrece la plataforma como son los condicionales, los grupos y agrupamientos que permitirá crear y posteriormente escoger diferentes grupos asociándolos a los diferentes recursos del curso, dando lugar a diferentes itinerarios educativos en función del: tipo de perfil del usuario, camino escogido según la temática o del progreso del estudiante dentro del curso y el nivel de conocimientos.

2) Curso iMOOC “Redes sociales y enseñanza”

El 12 de Enero de 2015 se lanza una primera demo de la plataforma iMOOC con el curso “Redes sociales y enseñanza”, versión especial del curso “Aplicación de las redes sociales a la enseñanza” desarrollado anteriormente en la plataforma MiriadaX (<http://goo.gl/bm5Bah>).

Este curso parte del modelo cooperativo de Fidalgo *et. al.* [55] que recoge características de los dos tipos de MOOC más estandarizados como son los xMOOC, con un enfoque más conductista y semejante a los cursos tradicionales *online* frente a los cMOOC cuyo enfoque es más conectivista [56, 57] basado en redes sociales. Para explicar este modelo cooperativo se puede dividir el curso en una serie de capas, empezando por la capa “tecnológica” que incluye por un lado la plataforma MOOC que alberga el curso y por otro las plataformas sociales donde se dan las interacciones entre participantes y la generación de contenido por parte también de éstos. A esta capa le sigue la

“estrategia formativa” asociada con el propio diseño instruccional del curso y finalmente la capa “cooperativa” que representa la parte más conectivista del curso recogiendo los resultados y el contenido generado a partir de la cooperación entre el equipo docente y los participantes en el curso e integrándolo con éste. Es necesario añadir al modelo cooperativo definido una cuarta capa para explicar el modelo *cooperativo-gamificado gcMOOC* en el que se basa el curso, esta capa es la denominada *de gamificación* [58], la cual interactúa con el resto de capas, fomentando la motivación de los participantes en el curso [58].

En cuanto al contenido del curso, éste pretende durante un mes introducir al alumno en la web social, identificando el fenómeno de las redes sociales dentro de ésta y las oportunidades que ofrecen dentro del campo de la enseñanza, más en concreto, en la generación de comunidades virtuales de aprendizaje. Por otro lado se profundiza en el uso de las redes sociales más extendidas como son Facebook, Twitter y Google+ para que el estudiante desarrolle las destrezas digitales necesarias a la hora de afrontar este tipo de tecnología, a la vez que se ofrece una serie de pautas para su aplicación en el aula. Finalmente se da una visión general de un total de otras 13 redes sociales aptas también para este uso docente, además de herramientas para una gestión más óptima.

A partir de las características que ofrece la plataforma iMOOC se proponen al estudiante cinco itinerarios diferentes que podrá escoger antes de iniciar el curso, adaptándolo a sus necesidades:

- Curso completo para docentes (con dos lecciones adicionales enfocadas al uso de Twitter y Facebook como herramienta educativa).
- Curso completo para no docentes (sin las lecciones docentes).
- Curso de Twitter, formado solo por el módulo de dicha red social.
- Curso de Facebook, un solo módulo sobre esta red.
- Itinerario especial, enfocado para aquellos estudiantes que participaron en alguna de las ediciones anteriores del curso, con un módulo

adicional enfocado al uso práctico de comunidad de aprendizaje. Este itinerario además ofrecía la posibilidad de volver a repetir el curso completo, permitiendo a sus estudiantes acceder a todos los contenidos.

Como datos generales del seguimiento del curso y algunas métricas sobre los itinerarios y compleción del curso, a continuación se le ofrece al lector un resumen (Figura 1, Figura 2, Figura 3). En el caso concreto de la Tabla 3, se excluyen de las métricas aquellos alumnos que escogieron el itinerario especial para obtener el certificado, ya que solo tenían que presentar el certificado obtenido en cualquiera de las dos ediciones anteriores del curso en MiriadaX, visualizar los contenidos de su módulo especial, basado en una puesta en práctica de comunidades de aprendizaje desde dos puntos de vista diferentes y participar en el foro. Aun así, a los estudiantes del itinerario especial se les ofreció la posibilidad de cursar el MOOC completo. De los 188 que realizaron dicho itinerario, 107 repitieron el curso y de ellos, lo superaron 88 (82,2%).

3) Las redes sociales: Google+ y Twitter

Tratándose de un curso que versa sobre las “redes sociales en enseñanza”, y dado el enfoque conectivista del MOOC y del curso, las redes sociales han jugado un papel importante dentro del proceso de aprendizaje asociado al curso. Estas redes se han usado siguiendo dos perspectivas distintas: una es la utilización de las redes sociales como entornos de pruebas y como casos prácticos para conseguir una comprensión práctica de los conceptos mostrados teóricamente en el curso; mientras que la otra perspectiva es su uso como plataforma para continuar y extender el proceso de aprendizaje del curso de iMOOC desde una perspectiva tanto no formal como informal, ya que los docentes propusieron temas de conversación etiquetados convenientemente (mediante *hashtags*) para abrir vías de discusión y adquisición de conocimiento desde un punto de vista no formal, así como tratar de incentivar el afloramiento de conversaciones y aprendizaje informal entre los propios alumnos en un medio distinto al del MOOC, así como con otros usuarios de redes sociales que participan en la

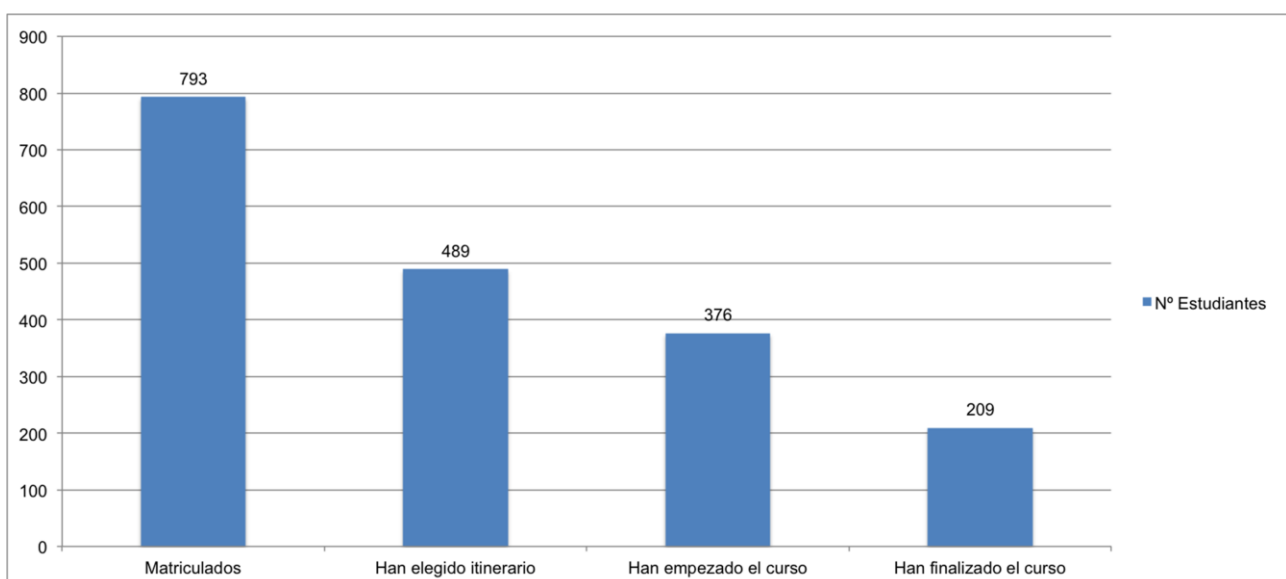


Figura 1. Distribución de estudiantes respecto a la matriculación, elección de itinerario, iniciación y finalización del curso MOOC.

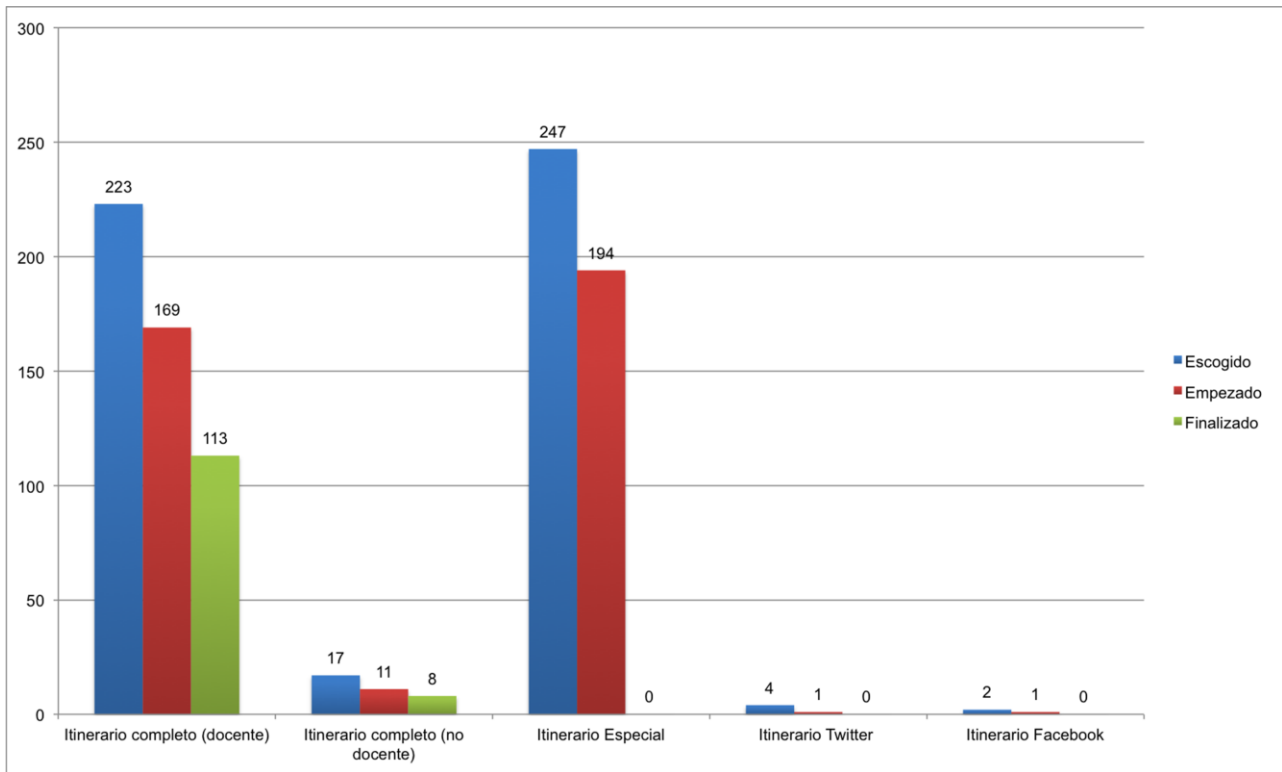


Figura 2. Distribución de estudiantes respecto a los itinerarios de aprendizaje disponibles en el curso

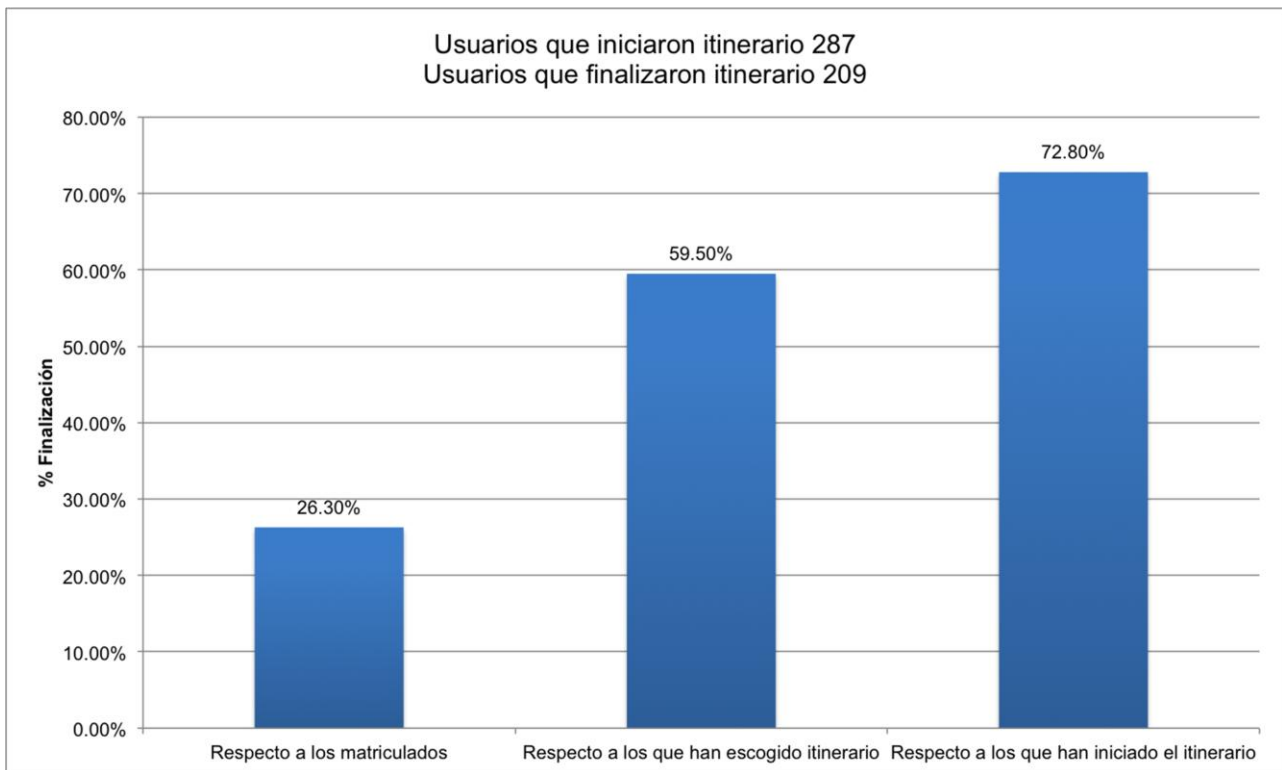


Figura 3. Estadística acerca de la iniciación compleción del curso MOOC sin tener en cuenta el itinerario especial, debido a que este itinerario no exigía el mismo esfuerzo que el resto

conversación sin estar matriculados en el curso [59] como se representa en la Figura 4.

Para esta tarea, este MOOC ha utilizado las redes sociales Google+ y Twitter. En Google+ este curso tiene asociado, desde sus inicios en MiriadaX, una comunidad de más de 5000 usuarios (<http://goo.gl/eevdjY>) donde se comparten recursos y se colabora en el aprendizaje asociado a cada edición de dicho curso. En cuanto a Twitter, se ha usado como red social alternativa para plantear discusiones y

conversaciones entre usuarios, debido a su popularidad actual y las facilidades que ofrece para etiquetar, seguir y recuperar información de dichas conversaciones [60-62]. En las siguientes secciones (Métodos, Resultados, Discusión y conclusiones) se expone cómo se ha realizado este proceso de seguimiento, recuperación y exploración de los datos para conseguir los objetivos planteados tanto en el caso de Twitter como en Google+.

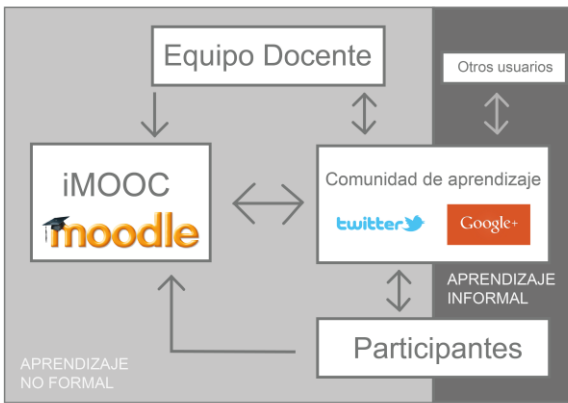


Figura 4. Esquema sobre la interacción entre usuarios, iMOOC y redes sociales segmentando el aprendizaje según el tipo que se produce en cada fase.

B. Métodos

Para poder obtener información acerca de la interacción de los usuarios del iMOOC con los contenidos del curso en las redes sociales, es necesario establecer las vías de recuperación de información adecuadas acerca de la relación entre perfiles de los usuarios iMOOC y las distintas redes sociales, así como recuperar la información que estos comparten y el etiquetado que realizan sobre dichos contenidos, para poder después realizar los análisis que se plantean como objetivos del estudio.

Como resumen de los métodos usados, se pueden destacar:

- A fin de evitar en buena medida la recuperación manual de los datos de cada usuario, se ha hecho uso de los servicios web (APIs REST <http://goo.gl/It djPP>) que ofrece la plataforma Moodle en la que se basa el iMOOC, de modo que se ha accedido a los registros de usuarios y sus

perfiles, pudiendo filtrar aquellos que han registrado sus perfiles en redes sociales (condición propuesta por los docentes del MOOC para ayudar en la evaluación de los alumnos) [62].

- Para extraer información de Twitter, se ha combinado la recuperación automática de tuits (mediante su API REST <http://goo.gl/GPqCiJ>) con la recuperación manual de algunas métricas concretas. En cuanto a la extracción de información de la red social Google+, debido a la inexistencia de APIs para recuperar información de comunidades de usuarios (<http://goo.gl/SSCxb0>), ha sido necesario desarrollar una herramienta llamada GILCA (*Google Analytics Informal Learning Communities*) que recoge datos de comunidades de Google+ a través de las notificaciones email que envía la red social (y que incluyen información sobre publicaciones, comentarios, *hashtags*, etc.) [62].
- Para comprender también cómo los usuarios utilizan las funciones de etiquetado en las redes sociales que se usan en este artículo, éstos realizaron un cuestionario en el que se trataban cuestiones básicas sobre el uso de los *hashtags* en las redes sociales y en las actividades relacionadas al curso.

En cuanto al análisis de los datos obtenidos, éste se realizó con herramientas de hojas de cálculo.

III. RESULTADOS

A. Resultados del Cuestionario iMOOC

Como se ha comentado, el cuestionario rellenado por los usuarios del curso contenía preguntas relacionadas con el uso de etiquetas en redes sociales. Este cuestionario fue

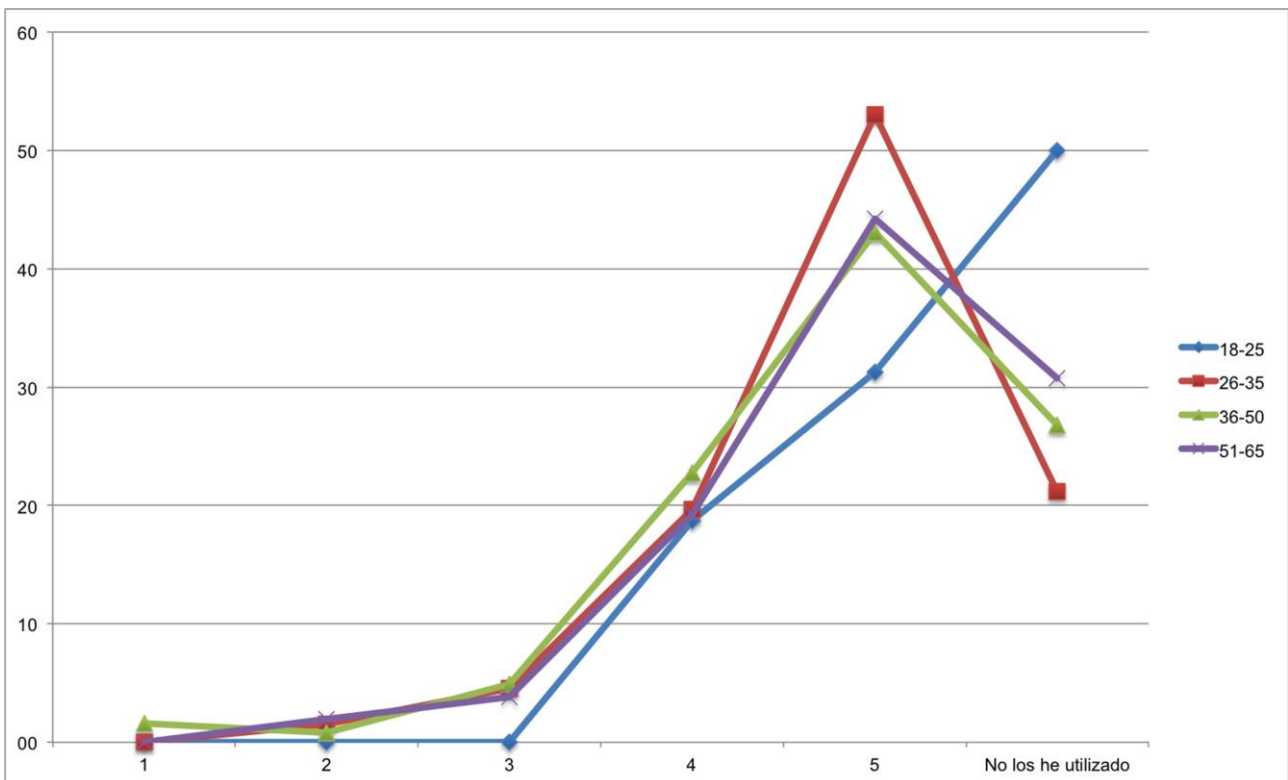


Figura 5. Resultados de la pregunta 1 del cuestionario iMOOC: Valora la utilidad del uso de *hashtags* (escala Likert 1-5 más valor nulo). Respuestas segmentadas por la edad de los usuarios

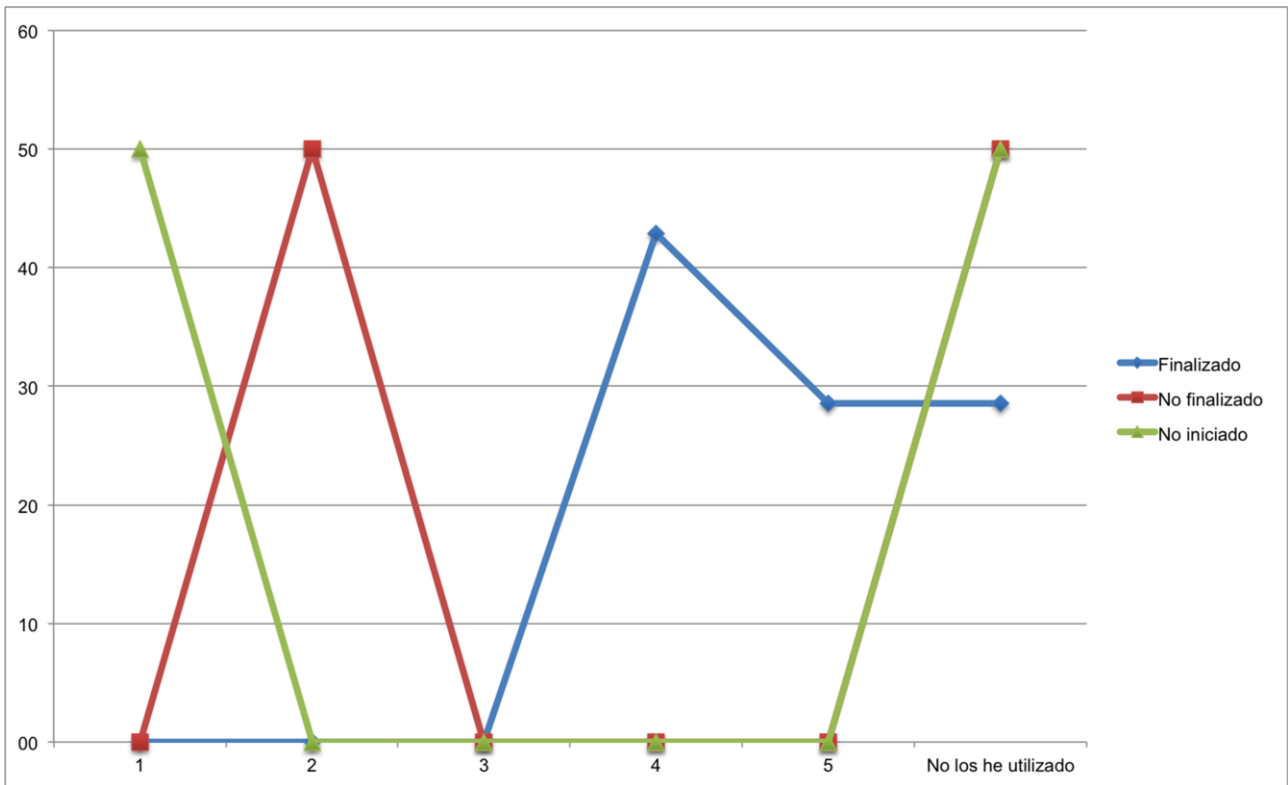


Figura 6. Resultados de la pregunta 1 del cuestionario iMOOC: Valora la utilidad del uso de *hashtags* (escala Likert 1-5 más valor nulo). Respuestas segmentadas por grado de completación del MOOC por parte de los usuarios.

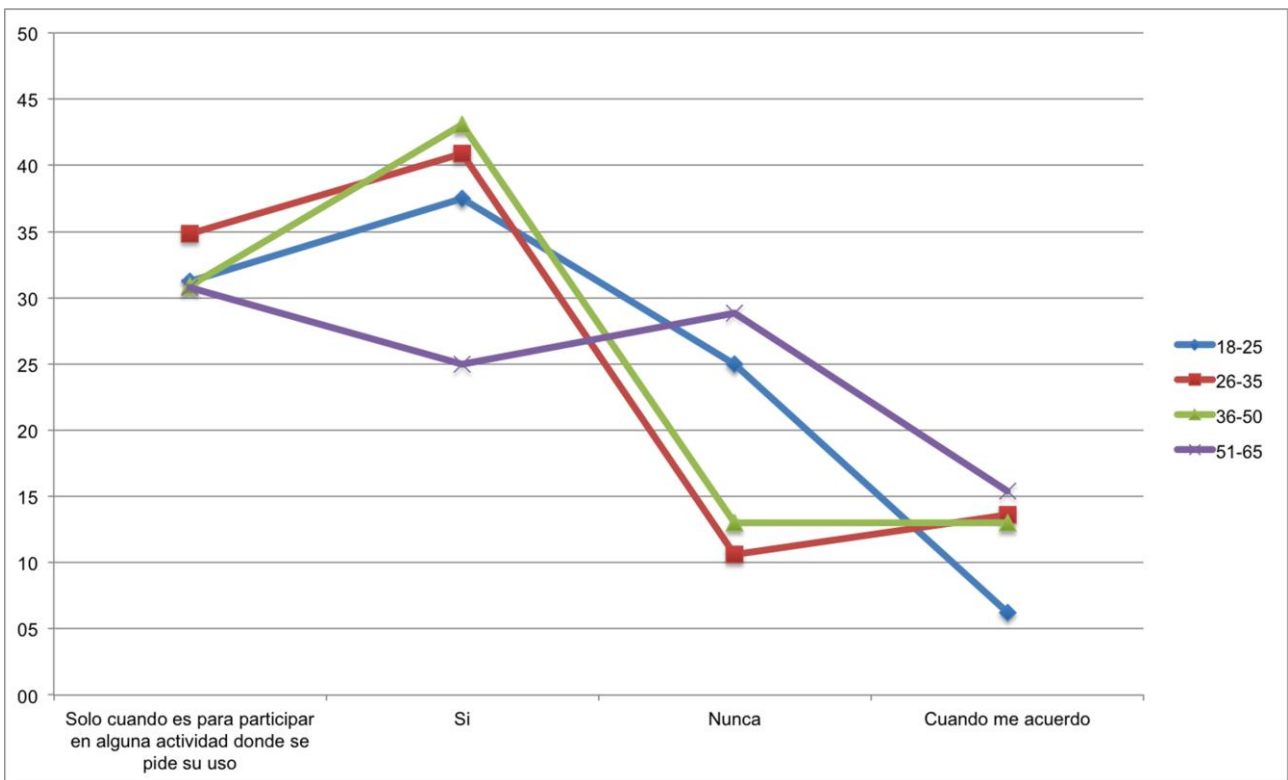


Figura 7. Resultados de la pregunta 2 del cuestionario iMOOC: ¿Sueles utilizar *hashtags* en tus publicaciones?. Respuestas segmentadas por grupos de edad de usuarios.

completado por 212 usuarios, 26,73% del total del curso. En las siguientes figuras (Figura 5, Figura 6, Figura 7, Figura 8, Figura 9, Figura 10) se puede observar los datos recuperados mediante estos cuestionarios y la segmentación de las respuestas en función de la edad de los usuarios.

B. Resultados obtenidos en las redes sociales

Para obtener resultados del uso de las redes sociales, se filtraron los usuarios que habían indicado su perfil de Google+ o Twitter en su perfil iMOOC, y pudiendo así recuperar cuáles de ellos habían publicado en las redes sociales siguiendo los *hashtags* oficiales del curso (Figura 11). Una vez realizado esta comprobación, se procedió a

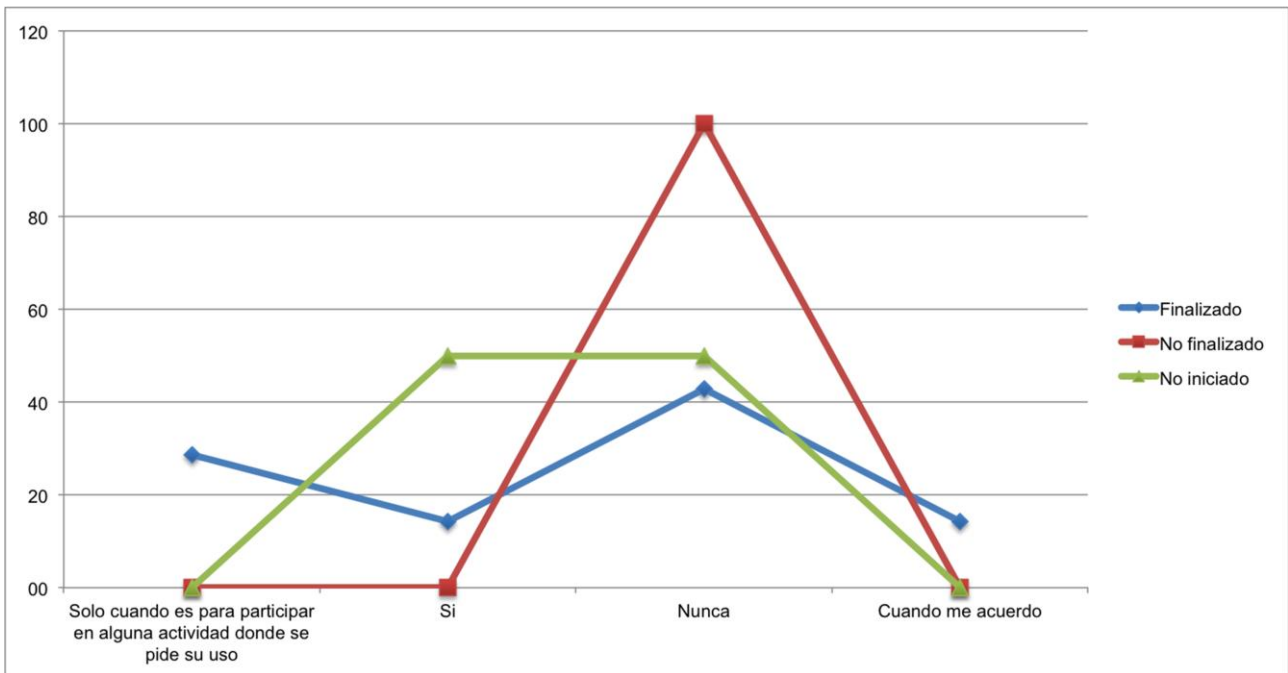


Figura 8. Resultados de la pregunta 2 del cuestionario iMOOC: ¿Sueles utilizar *hashtags* en tus publicaciones?. Respuestas segmentadas por grado de completación del MOOC por parte de los usuarios.

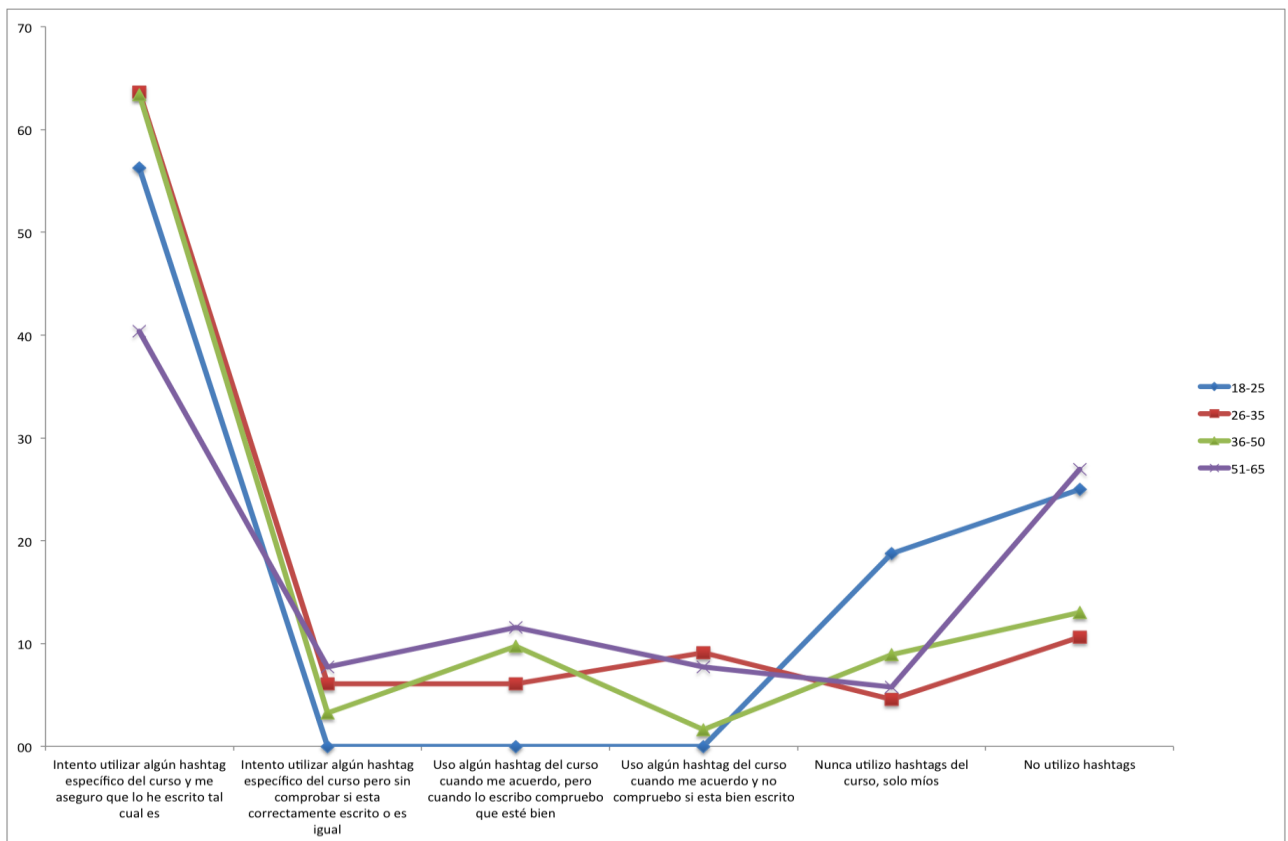


Figura 9. Resultados de la pregunta 3 del cuestionario iMOOC: "A la hora de publicar y utilizar un *hashtag*...". Respuestas segmentadas por grupos de edad de usuarios

evaluar la cantidad de publicaciones que habían realizado y qué proporción de usuarios publicaron en Google+ o Facebook y finalmente habían aprobado o no el curso. Esta evaluación produjo como resultado:

- Los alumnos matriculados en el curso han hecho un total de 263 publicaciones en la comunidad de Google +, contando también comentarios a otras publicaciones de sus compañeros.
- Los alumnos matriculados en el curso han publicado un total de 131 tuits siguiendo los *hashtags* tanto oficiales como otros no oficiales en Twitter.
- De los usuarios que han hecho alguna publicación en Google+ (191 usuarios), han superado el curso 57 (29,84%).
- De los usuarios que han publicado algún tuit en Twitter (76), han superado el curso 42 (55,26%).

- De los 191 usuarios que han indicado su perfil de Google+ en iMOOC, han superado el curso 83 usuarios (43,5%).
- De los 265 usuarios que han indicado su perfil de Twitter en iMOOC, han superado el curso 105 usuarios (39,62%)

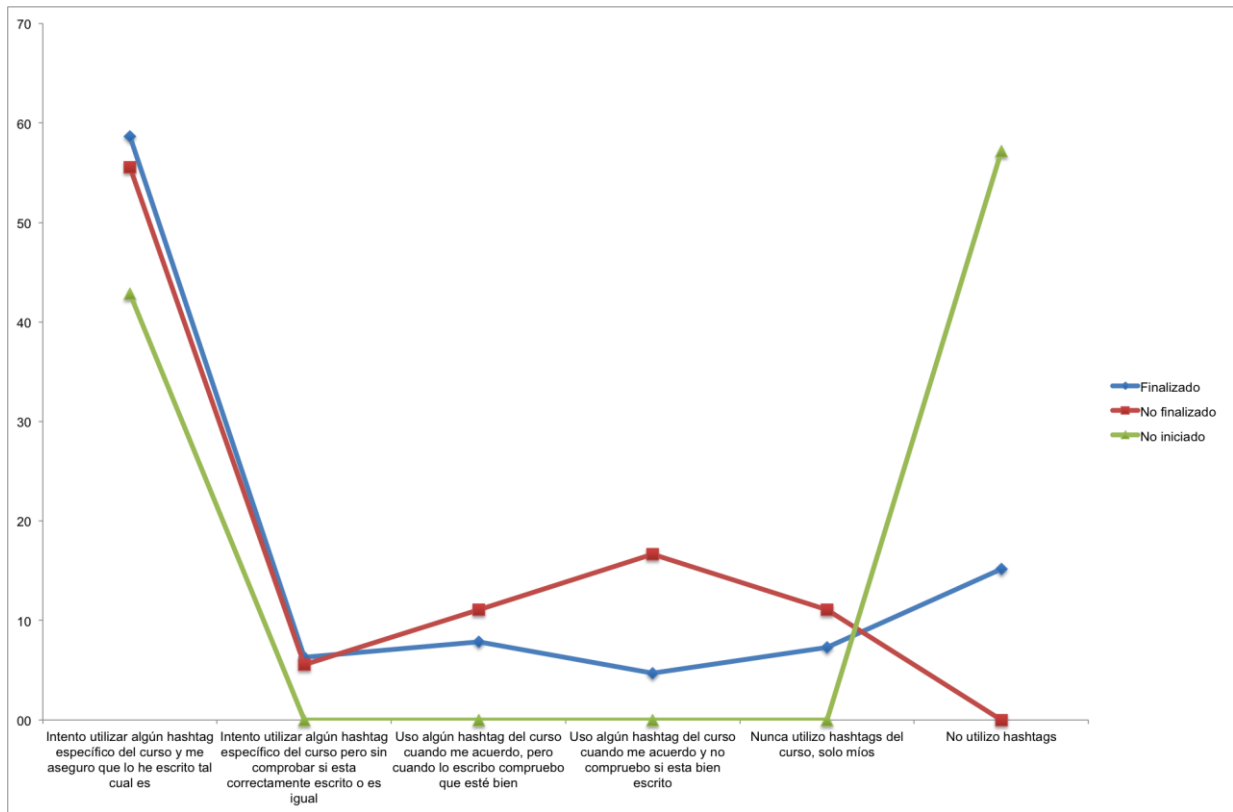


Figura 10. Resultados de la pregunta 3 del cuestionario iMOOC: “A la hora de publicar y utilizar un *hashtag*...”. Respuestas segmentadas por grado de completación del MOOC por parte de los usuarios.

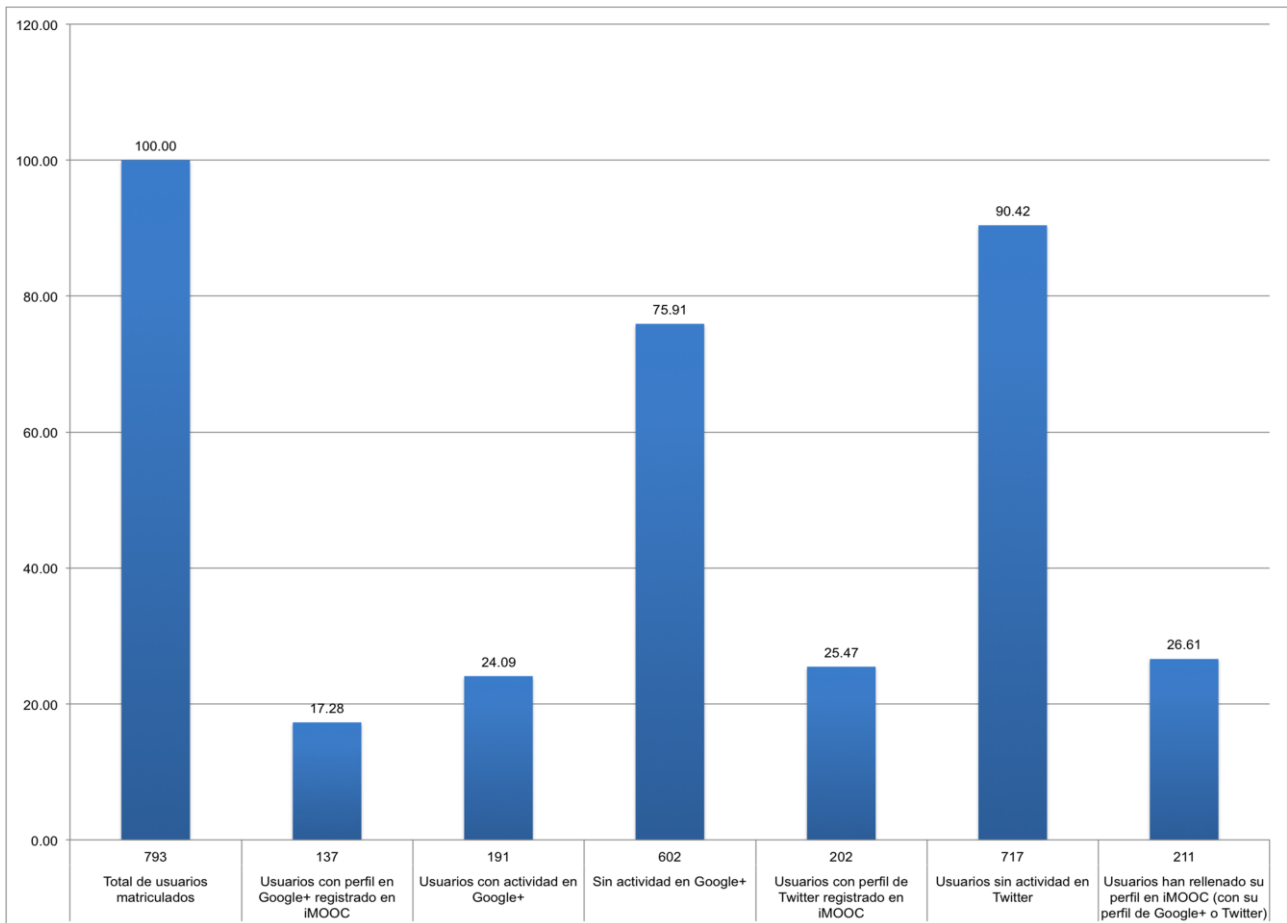


Figura 11. Distribución de usuarios del iMOOC en cuanto a su uso en las redes sociales

TABLA I

DISTRIBUCIÓN DE LAS INTERACCIONES EN GOOGLE+ Y TWITTER POR TIPO DE CONTENIDO Y DE APRENDIZAJE

Google +						
Publicación						
Categoría	Tipo	Número	+1s	Comentarios	Reshares	Tipo de aprendizaje
Debates	Propuesto a lo largo del curso	1	83	17	14	No formal (propuesto por los profesores)
	Uso de redes sociales	4				Informal (propuesto por los estudiantes)
	Sobre aprendizaje	3				
	Sobre identidad digital	2				
	Sobre identidad digital	1				
	Sobre Facebook	1				
	Sobre <i>badges</i>	1				
Publicaciones totales en la categoría de debates = 11						
Actividades y ejercicios	Ejemplos de redes sociales	31	309	41	20	No formal (propuesto por los profesores)
	Ejercicios sobre malas prácticas en redes sociales	25				
	Ejercicios de Facebook	28				
	Sobre influencia (Klout)	22				
	Usos de Twitter en enseñanza	3				
	Otros	2				
Publicaciones totales sobre actividades y ejercicios = 111						
Recursos	150		552	66	93	Informal (propuesto por los estudiantes)
Twitter						
Publicación						
Tipo	Hashtag	Tuits	Respuestas	Retuits	Favoritos	Tipo de aprendizaje
General	#RSEMOOC	9	2	5	5	No formal (propuesto por los profesores)
	#RSEHANGOUT	19	4	16	15	
	#Modulo1RSE	1	0	1	1	
	#Modulo2RSE	1	0	1	1	
	#Modulo3RSE	1	0	1	1	
Actividades y ejercicios	#RSEejemplosRRSS	4	1	0	0	
	#RSEMalasPracticas	5	0	1	2	
	#RSEmiKlout	8	1	5	6	
	#RSEMoodleTwitter	59	9	9	11	
	#ActividadesRSE	1	0	3	3	
Tuits totales = 107						

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Tanto los *hashtags* en Twitter o Google+ como las categorías en esta última red suponen una oportunidad para los MOOC colaborativos y con características relativas al aprendizaje no formal e informal, ya que permiten clasificar y recolectar los contenidos generados en las comunidades relacionadas con el curso, y retroalimentar el MOOC en función de este contenido no formal e informal. El principal inconveniente a la hora de recuperar este conocimiento

etiquetado, según se puede observar en los resultados, es la falta de destrezas digitales, costumbre, y concienciación por parte de los participantes en este tipo de comunidades de aprendizaje, ya que generalmente el resultado de las conversaciones son publicaciones huérfanas en cuanto a etiquetas e incluso en muchos casos encontrando que dichas etiquetas no coinciden con las del curso o están mal escritas, dificultando así su recuperación y obligando a realizar tareas de limpieza y selección manual de las publicaciones.

Sobre la encuesta realizada a los participantes del MOOC, cabe destacar en cuanto al uso de *hashtags*, que la población mayor de 50 años son los que menos los utilizan e incluso reconocen no hacerlo nunca frente a los rangos de 26 a 50 años que sí los utilizan, respecto a esto es remarkable que aquellos que son conocidos como los nativos digitales [63] y que más familiarizados deberían de estar con estas tecnologías no son los que más los utilizan. Por otro lado no existe una elevada dispersión en los resultados en cuanto a la percepción de utilidad de los *hashtags*, siendo esta muy positiva y aunque con poca diferencia, el grupo nativos digitales es el que menor utilidad ve en el uso de *hashtags*. Finalmente, relacionado también con la percepción, aquellos

usuarios que no han finalizado el curso son los que, con diferencia, encuentran menos útil el uso de *hashtags*.

Por otra parte, se observa claramente cómo la red Google+ ha permitido crear un espacio diferenciado para la comunidad del curso mediante la herramienta Comunidades; gracias a esta separación es posible recuperar fácilmente las conversaciones aún cuando utilizan *hashtags* propios y no definidos en el curso o directamente no utilizan. Por el contrario en Twitter parece imprescindible utilizar en los tuits asociados al curso alguno de los *hashtag* (no formales) previamente definidos para detectar de esta manera las conversaciones, ya que si no, se pierde información y se hace muy difícil (aunque no imposible, de acuerdo a las

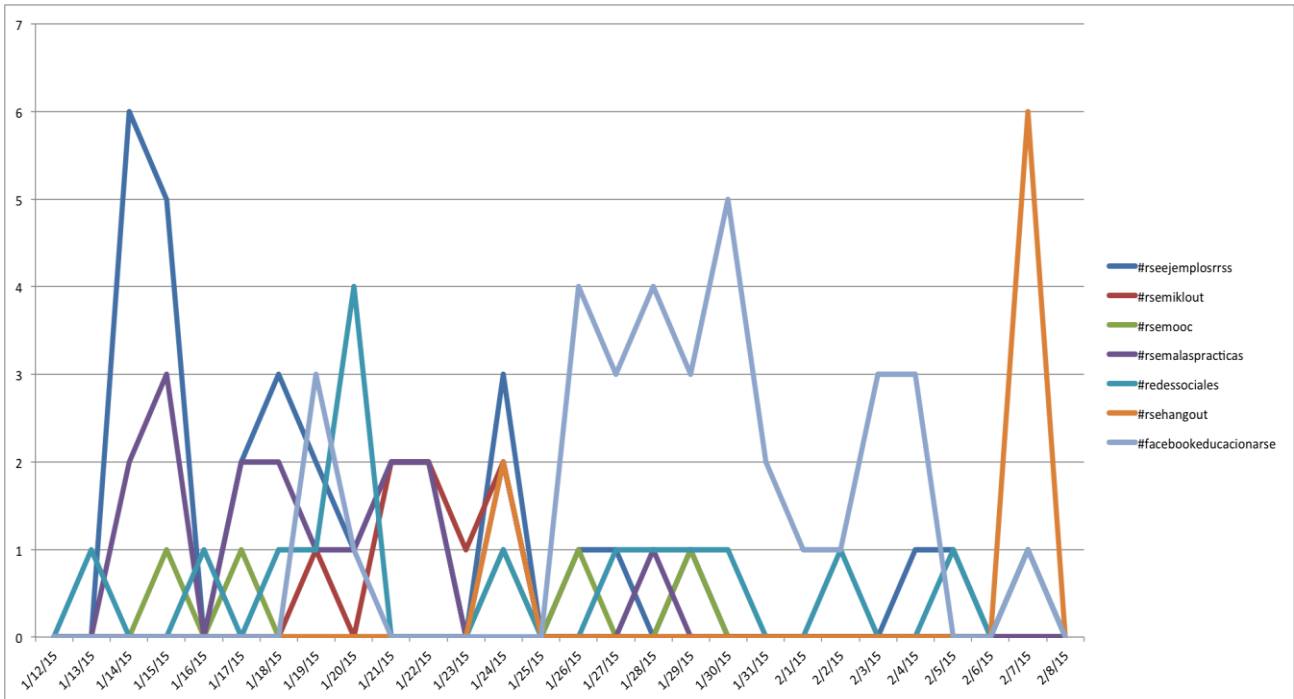


Figura 12. Evolución del uso de los *hashtags* no formales en Twitter a lo largo del curso.

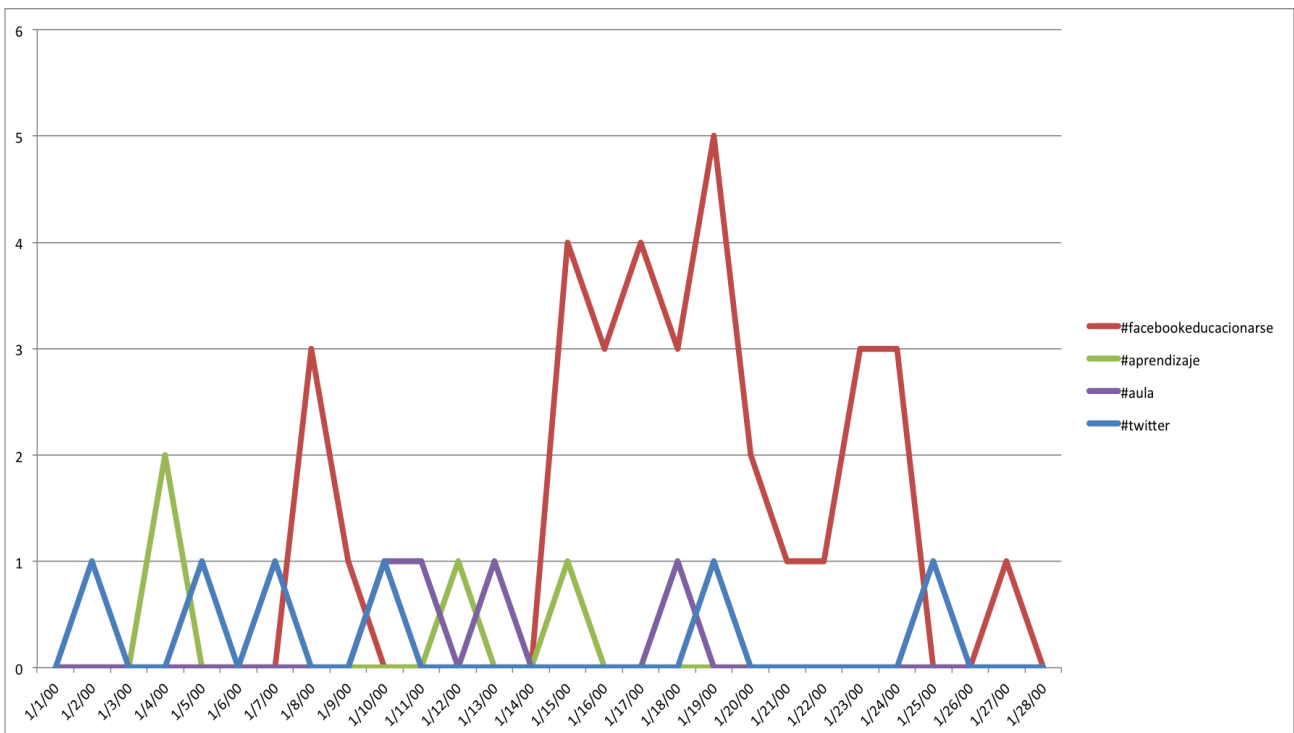


Figura 13. Evolución del uso de los *hashtaes* informales en Twitter a lo largo del curso.

figuras 12 y 13) la recuperación de *hashtags* “informales”, por ello es posible afirmar que Twitter dificulta la recuperación de conversaciones informales al contrario que Google+.

Cabe destacar a raíz de los resultados una notable conversación informal dentro de la comunidad iniciada por los propios estudiantes y asociada especialmente a la aportación de contenido en forma de publicación; consecuencia de la actividad no formal iniciada o incluso infundida por la mecánica del curso. Se puede comprobar cómo, por ejemplo, a raíz de actividades no formales que se ven plasmadas como publicaciones de los alumnos, dan lugar a una interacción totalmente voluntaria del resto de compañeros a través de indicadores de aprobación como son los “+1s”, con más de 300 a lo largo del curso asociados a dichas actividades no formales o incluso los comentarios asociados.

Sobre los resultados que comparan las calificaciones del MOOC con el desempeño en las redes sociales, es posible afirmar que en muchos casos, los usuarios que indican su red social, y que publican mensajes en ellas tienen un interés mayor en completar el curso, ya que existen resultados considerables que indican una relación entre la actividad en ambos sentidos, aunque bien es cierto que esta relación está más acusada en la red social Twitter que en Google+.

A consecuencia de estos resultados, y a modo de conclusión, es posible afirmar que es posible recuperar y clasificar el aprendizaje no formal e informal que realizan los alumnos en entornos como las redes sociales y que este conocimiento puede arrojar luz sobre los complejos procesos de aprendizaje que se dan en sociedades digitales multitudinarias como la mostrada.

En cuanto a otras posibilidades que ofrece este tipo de análisis, realizando un análisis más profundo y a nivel de usuario, es presumible que se pueda conseguir clasificar tipos de usuarios en función de su actividad en las redes sociales y el MOOC (distribución en el tiempo, indicadores de interés, posibilidad de aumentar la segmentación para la adaptatividad de la plataforma MOOC a través de los datos observados en las Figuras 12 y 13, etc.), permitiendo encontrar así usuarios influyentes, usuarios que se comportan como espectadores, usuarios que en realidad no tienen interés en completar un curso sino aprender del proceso, etc.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los Grupos de Investigación GRIAL y LITI su colaboración en este trabajo de investigación. Del mismo modo, los autores les gustaría agradecer a la Universidad Politécnica de Madrid su apoyo y financiación a través del proyecto “Diseño y desarrollo de MOOC universitarios” (Ref. PT1415-05000) y al Vicerrectorado de Política Académica de la Universidad de Salamanca por la financiación del proyecto de Innovación Docente ID2014/0281 que ha permitido a los autores desarrollar la arquitectura software descrita en este trabajo. Del mismo modo, el autor Juan Cruz-Benito agradece al Fondo Social Europeo y la Junta de Castilla y León (España) la financiación de su contrato pre-doctoral.

REFERENCIAS

- [1] F. J. García-Peñalvo and A. M. Seoane Pardo, "Una revisión actualizada del concepto de eLearning. Décimo Aniversario," *Education in the Knowledge Society (EKS)*, vol. 16, pp. 119-144, 2015.
- [2] B. A. Collis, *Tele-learning in a digital world: The future of distance learning*: International Thomson Computer Press, 1996.
- [3] F. J. García-Peñalvo, *Advances in E-Learning: Experiences and Methodologies*. Hershey, PA, USA: Information Science Reference (formerly Idea Group Reference), 2008.
- [4] F. J. García-Peñalvo, "Docencia," in *Libro Blanco de la Universidad Digital 2010*, J. Laviña Orueta and L. Mengual Pavón, Eds., ed Barcelona, España: Ariel, 2008, pp. 29-61.
- [5] M. J. Rosenberg, *E-learning: Strategies for Delivering Knowledge in the Digital*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2001.
- [6] F. Llorens, "Campus virtuales: de gestores de contenidos a gestores de metodologías," *RED. Revista de Educación a Distancia*, pp. 1-12, 2014.
- [7] J.-M. Dodero, F.-J. García-Peñalvo, C. González, P. Moreno-Ger, M.-A. Redondo, A. Sarasa, et al., "Development of E-Learning Solutions: Different Approaches, a Common Mission," *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje (IEEE RITA)*, vol. 9, pp. 72-80, 2014.
- [8] F. Llorens, R. Molina, P. Compañ, and R. Satorre, "Technological Ecosystem for Open Education," in *Smart Digital Futures 2014. Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. vol. 262, R. Neves-Silva, G. A. Tsihrintzis, V. Uskov, R. J. Howlett, and L. C. Jain, Eds., ed: IOS Press, 2014, pp. 706-715.
- [9] A. J. Berlanga and F. J. García-Peñalvo, "Learning Design in Adaptive Educational Hypermedia Systems," *Journal of Universal Computer Science*, vol. 14, pp. 3627-3647, 2008.
- [10] P. Brusilovsky, "Adaptive Hypermedia," *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 11, pp. 87-110, 2001.
- [11] A. J. Berlanga and F. J. García-Peñalvo, "Learning Technology Specifications: Semantic Objects for Adaptive Learning Environments," *International Journal of Learning Technology*, vol. 1, pp. 458-472, 2005.
- [12] K. M. Kapp, *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. San Francisco, CA, USA: Wiley, 2012.
- [13] C. González-González and F. Blanco-Izquierdo, "Designing social videogames for educational uses," *Computers & Education*, vol. 58, pp. 250-262, 2012.
- [14] G. Surendele, U. Tudevdagva, and Y. S. Kim, "The Contribution of Gamification on User Engagement in Fully Online Course," in *Creativity in Intelligent, Technologies and Data Science: First Conference, CIT&DS 2015, Volgograd, Russia, September 15-17, 2015, Proceedings*, A. Kravets, M. Shcherbakov, M. Kultsova, and O. Shabalina, Eds., ed Cham: Springer International Publishing, 2015, pp. 710-719.
- [15] Á. Fidalgo-Blanco, M. L. Sein-Echaluce, F. J. García-Peñalvo, and M. Á. Conde, "Using Learning Analytics to improve teamwork assessment," *Computers in Human Behavior*, vol. 47, pp. 149-156, 2015.
- [16] J. Cruz-Benito, R. Therón, F. J. García-Peñalvo, and E. Pizarro Lucas, "Discovering usage behaviors and engagement in an Educational Virtual World," *Computers in Human Behavior*, vol. 47, pp. 18-25, 6// 2015.
- [17] M. Á. Conde and Á. Hernández-García, "Learning analytics for educational decision making," *Computers in Human Behavior*, vol. 47, pp. 1-3, 6// 2015.
- [18] F. G. Martin, "Will massive open online courses change how we teach?," *Communications of the ACM*, vol. 55, pp. 26-28, 2012.
- [19] F. J. García-Peñalvo, Á. Fidalgo Blanco, and M. L. Sein-Echaluce Lacleta. (2014, 6/1/2014). *Tendencias en los MOOCs*. Available: <http://gredos.usal.es/jspui/handle/10366/125093>
- [20] J. I. Aguaded Gómez, "La revolución MOOCs, ¿una nueva educación desde el paradigma tecnológico?," *Comunicar*, pp. 7-8, 2013.
- [21] C. Castaño Garrido, I. Maiz Olazabalaga, and U. Garay Ruiz, "Diseño, motivación y rendimiento en un curso MOOC cooperativo," *Comunicar*, vol. 44, pp. 19-26, 2015.
- [22] A. Chiappe-Laverde, N. A. Hine, and J. A. M. Silva, "Literatura y práctica: una revisión crítica acerca de los MOOC," *Comunicar*, pp. 9-18, 2015.

- [23] V. J. Marsick and K. E. Watkins, "Informal and Incidental Learning," *New Directions for Adult and Continuing Education*, vol. 2001, pp. 25-34, 2001.
- [24] F. J. García-Peñalvo, R. Colomo-Palacios, and M. D. Lytras, "Informal learning in work environments: training with the Social Web in the workplace," *Behaviour & Information Technology*, vol. 31, pp. 753-755, 2012.
- [25] H. Eshach, "Bridging in-school and out-of-school learning: Formal, non-formal, and informal education," *Journal of science education and technology*, vol. 16, pp. 171-190, 2007.
- [26] Á. Fidalgo Blanco, M. L. Sein-Echaluce Lacleta, and F. J. García-Peñalvo, "Methodological Approach and technological Framework to break the current limitations of MOOC model," *Journal of Universal Computer Science*, vol. In press, 2015.
- [27] L. Lane. (2012, 10/1/2015). *Three Kinds of MOOCs*. Available: <http://lisahistory.net/wordpress/2012/08/three-kinds-of-moocs/>
- [28] D. Clark. (2013, 10/1/2015). *MOOCs: taxonomy of 8 types of MOOC*. Available: <http://donaldclarkplanb.blogspot.com.es/2013/04/moocs-taxonomy-of-8-types-of-mooc.html>
- [29] G. Conole, "Los MOOCs como tecnologías disruptivas: estrategias para mejorar la experiencia de aprendizaje y la calidad de los MOOCs," *Campus Virtuales. Revista Científica Iberoamericana de Tecnología Educativa*, vol. 2, pp. 16-28, 2013.
- [30] F. J. García-Peñalvo, D. Griffiths, M. Johnson, P. Sharples, and D. Sherlock, "Problems and opportunities in the use of technology to manage informal learning," in *Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, F. J. García-Peñalvo, Ed., ed New York, USA: ACM, 2014, pp. 573-580.
- [31] N. A. Christakis and J. H. Fowler, *Connected: The surprising power of our social networks and how they shape our lives*. New York, USA: Little, Brown and Company, 2009.
- [32] C. Alario-Hoyos, M. Pérez-Sanagustín, C. Delgado-Kloos, H. Parada G, M. Muñoz-Organero, and A. Rodríguez-de-las-Heras, "Analysing the Impact of Built-In and External Social Tools in a MOOC on Educational Technologies," in *Scaling up Learning for Sustained Impact*. vol. 8095, D. Hernández-Leo, T. Ley, R. Klamma, and A. Harrer, Eds., ed: Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 5-18.
- [33] J. Sanchez, C. González, S. Alayón, and P. Gonzalez, "Using social networks at university: The case of school of computer science," in *Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2013 IEEE*, ed USA: IEEE, 2013, pp. 492-496.
- [34] J. Mackness, S. Mak, and R. Williams, "The ideals and reality of participating in a MOOC," in *7th International Conference on Networked Learning*, ed. 2010, pp. 266-275.
- [35] A. McAuley, B. Stewart, G. Siemens, and D. Cormier. (2010). *The MOOC model for digital practice*. Available: http://www.elearnspace.org/Articles/MOOC_Final.pdf
- [36] F. J. García-Peñalvo, M. Johnson, G. R. Alves, M. Minović, and M. Á. Conde-González, "Informal learning recognition through a cloud ecosystem," *Future Generation Computer Systems*, vol. 32, pp. 282-294, 2014.
- [37] K. Silius, T. Miiilumaki, J. Huhtamaki, T. Tebest, J. Merilainen, and S. Pohjolainen, "Students' motivations for social media enhanced studying and learning," *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal (KM&EL)*, vol. 2, pp. 51-67, 2010.
- [38] G. Siemens, "Connectivism: A learning theory for the digital age," *International journal of instructional technology and distance learning*, vol. 2, pp. 3-10, 2005.
- [39] M. Zapata-Ros, "Teorías y modelos sobre el aprendizaje en entornos conectados y ubicuos. Bases para un nuevo modelo teórico a partir de una visión crítica del "conectivismo"," *Education in the Knowledge Society (EKS)*, vol. 16, pp. 69-102, 2015.
- [40] C. Evans, "Twitter for teaching: Can social media be used to enhance the process of learning?," *British Journal of Educational Technology*, vol. 45, pp. 902-915, 2014.
- [41] E. M. M. Gallardo Echenique, Luis and M. Bullen, "Students in higher education: Social and academic uses of digital technology," *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, vol. 12, pp. 25-37, 2015.
- [42] E. C. Wenger and W. M. Snyder, "Communities of practice: The organizational frontier," *Harvard business review*, vol. 78, pp. 139-146, 2000.
- [43] J. West, "Recognition of non-formal and informal learning: the Case Against. Study prepared for the meeting of the OECD Group of Experts," Vienna. 2007.
- [44] J. Cruz-Benito, O. Borrás-Gené, F. J. García-Peñalvo, Á. Fidalgo Blanco, and R. Therón, "Detección de aprendizaje no formal e informal en Comunidades de Aprendizaje soportadas por Redes Sociales en el contexto de un MOOC Cooperativo," in *Actas del XVII Simposio Internacional de Informática Educativa (SIIIE'15) (Setúbal, Portugal. 25-27 November 2015)*, M. d. R. r. Rodrigues, M. n. Llamas Nistal, and M. Figueiredo, Eds., ed Portugal: Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Setúbal, 2015, pp. 410-418.
- [45] J. Cruz-Benito, O. Borrás-Gené, F. J. García-Peñalvo, Á. Fidalgo Blanco, and R. Therón, "Detection of Non-Formal and Informal Learning in learning communities supported by social networks in the context of a Cooperative MOOC," in *Proceedings of the XVII International Symposium on Computers in Education (SIIIE'15) (Setúbal, Portugal. 25-27 November 2015)*, M. d. R. r. Rodrigues, M. n. Llamas Nistal, and M. Figueiredo, Eds., ed Portugal: IEEE, 2015.
- [46] O. Borrás-Gené, M. Martínez-Núñez, and Á. Fidalgo-Blanco, "New Challenges for the Motivation and Learning in Engineering Education Using Gamification in MOOC," *International Journal of Engineering Education (IJEE)*, vol. 32, pp. 501-512, 2016.
- [47] D. Clow, "MOOCs and the funnel of participation," presented at the Proceedings of the Third International Conference on Learning Analytics and Knowledge, Leuven, Belgium, 2013.
- [48] M. Waite, J. Mackness, G. Roberts, and E. Lovegrove, "Liminal participants and skilled orienteers: Learner participation in a MOOC for new lecturers," *Journal of Online Learning and Teaching*, vol. 9, p. 200, 2013.
- [49] F. J. García-Peñalvo, J. Cruz-Benito, O. Borrás-Gené, and Á. Fidalgo Blanco, "Evolution of the Conversation and Knowledge Acquisition in Social Networks Related to a MOOC Course," in *Learning and Collaboration Technologies*. vol. 9192, P. Zaphiris and A. Ioannou, Eds., ed: Springer International Publishing, 2015, pp. 470-481.
- [50] Universidad Politécnica de Madrid, Universidad de Zaragoza, and Universidad de Salamanca. (2015). *iMOOC*. Available: <http://gridlab.upm.es/imooc/>
- [51] M. L. Sein-Echaluce Lacleta, Á. Fidalgo Blanco, F. J. García-Peñalvo, and M. Á. Conde-González, "iMOOC Platform: Adaptive MOOCs," in *Learning and Collaboration Technologies*, ed: Springer International Publishing, 2016, p. In press.
- [52] Á. Fidalgo Blanco, F. J. García-Peñalvo, and M. L. Sein-Echaluce Lacleta, "A methodology proposal for developing adaptive cMOOC," in *Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality*, F. J. García-Peñalvo, Ed., ed New York, USA: ACM, 2013, pp. 553-558.
- [53] N. Sonwalkar, "The First Adaptive MOOC: A Case Study on Pedagogy Framework and Scalable Cloud Architecture—Part I," *MOOCs Forum*, vol. 1, pp. 22-29, 2013.
- [54] J. Daniel, E. V. Cano, and M. Gisbert, "The Future of MOOCs: Adaptive Learning or Business Model?," *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, vol. 12, pp. 64-73, 2015.
- [55] Á. Fidalgo Blanco, M. L. Sein-Echaluce Lacleta, and F. J. García-Peñalvo, "MOOC cooperativo. Una integración entre cMOOC y xMOOC. Cooperative MOOC. An integration between cMOOC and xMOOC," in *II Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad, CINAIC 2013*, Á. F. Blanco and M. L. S.-E. Lacleta, Eds., ed Madrid: Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid, 2013, pp. 481-486.
- [56] Á. Fidalgo Blanco, M. L. Sein-Echaluce Lacleta, O. Borrás Gené, and F. J. García Peñalvo, "Educación en abierto: Integración de un MOOC con una asignatura académica," *Education in the Knowledge Society (EKS)*, vol. 15, pp. 233-255, 2014.
- [57] J. Mackness, M. Waite, G. Roberts, and E. Lovegrove, "Learning in a small, task-oriented, connectivist MOOC: Pedagogical issues and implications for higher education," 2013, vol. 14, 2013-09-30 2013.
- [58] O. Borrás Gené, M. Martínez Núñez, and Á. Fidalgo Blanco, "Gamification in MOOC: challenges, opportunities and

- proposals for advancing MOOC model," in *Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, F. J. García-Peñalvo, Ed., ed New York, USA: ACM, 2014, pp. 215-220.
- [59] Á. Fidalgo-Blanco, M. L. Sein-Echaluce, F. J. García-Peñalvo, and J. Esteban Escaño, "Improving the MOOC learning outcomes throughout informal learning activities," in *Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, F. J. García-Peñalvo, Ed., ed New York, USA: ACM, 2014, pp. 611-617.
- [60] J. Huang, K. M. Thornton, and E. N. Efthimiadis, "Conversational tagging in twitter," in *Proceedings of the 21st ACM conference on Hypertext and hypermedia*, 2010, pp. 173-178.
- [61] M. Efron, "Hashtag retrieval in a microblogging environment," in *Proceedings of the 33rd international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval*, 2010, pp. 787-788.
- [62] J. Cruz-Benito, O. Borrás-Gené, F. J. García-Peñalvo, Á. Fidalgo Blanco, and R. Therón, "Extending MOOC ecosystems using web services and software architectures," in *Proceedings of the XVI International Conference on Human Computer Interaction*, ed Vilanova i la Geltrú, Spain: ACM, 2015, pp. 1-7.
- [63] F. García, J. Portillo, J. Romo, and M. Benito, "Nativos digitales y modelos de aprendizaje," in *SPDECE*, 2007.

Juan Cruz-Benito es Graduado en Ingeniería Informática y Máster en Sistemas Inteligentes por la Universidad de Salamanca; en la actualidad además es estudiante de Doctorado en Ingeniería Informática dentro de la misma universidad. Es uno de los miembros más jóvenes del Grupo de Investigación GRIAL de la Universidad de Salamanca. A pesar de su edad posee una importante experiencia en Mundos Virtuales Educativos, Análisis de Datos y tecnologías que dan soporte a procesos de propósito educativo, áreas que ha desarrollado a través de su participación en múltiples proyectos de Investigación e Innovación. Ha trabajado en diversos proyectos Europeos como el proyecto TRAILER (*Tagging, Recognition and Acknowledgment of Informal Learning Experiences*), o el proyecto VALS (*Virtual Alliances for Learning Society*), así como en proyectos de carácter nacional como el Observatorio de Empleabilidad y Empleo Universitarios (OEEU) o el proyecto USALSIM, en los cuales ha desarrollado funciones como ingeniero del software, investigador o desarrollador.

Oriol Borrás-Gené es Ingeniero de Telecomunicaciones y estudiante de doctorado en Ingeniería de Sistemas y Servicios para la Sociedad de la Información por la Universidad Politécnica de Madrid experto en redes sociales, gamificación y MOOC. Trabaja como técnico eLearning en el Gabinete de Tele-Educación de la UPM formando parte de diferentes proyectos como el trabajo colaborativo en red, laboratorios virtuales y MOOC. Es docente-coordinador del curso, Aplicación de las redes sociales a la enseñanza: Comunidades Virtuales

Francisco José García-Peñalvo realizó sus estudios universitarios en informática en la Universidad de Salamanca y en la Universidad de Valladolid y se doctoró en la Universidad de Salamanca. El doctor García-Peñalvo es el director del grupo de investigación GRIAL (Grupo de investigación en Interacción y eLearning). Sus principales intereses de investigación se centran en el eLearning, Computadores y Educación, Sistemas Adaptativos, Ingeniería Web, Web Semántica y Reutilización de Software. Ha dirigido y participado en más de 50 proyectos de innovación e investigación. Fue Vicerrector de Innovación Tecnológica de la Universidad de Salamanca entre Marzo de 2007 y Diciembre de 2009. Ha publicado más de 200 artículos en revistas y conferencias internacionales. Ha sido editor invitado en varios números especiales de revistas internacionales (*Online Information Review*, *Computers in Human Behaviour*, *Interactive Learning Environments*...). Es el Editor en Jefe de las revistas *Education in the Knowledge Society* y *Journal of Information Technology Research*. Coordina el Programa de Doctorado en Formación en la Sociedad del Conocimiento de la Universidad de Salamanca.

Ángel Fidalgo Blanco es doctor en Informática por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y profesor en la ETSI de Minas y Energía de la Universidad Politécnica de Madrid. Dirige el Laboratorio de Innovación en Tecnologías de la Innovación del Departamento de Ingeniería Geológica y Minera de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). También es presidente del comité organizador del Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC). Cuenta con el "Premio a la mejor asignatura OCW" del Ministerio de Educación del Gobierno de España y el premio de la UPM a la Innovación Educativa. Es editor del blog "Innovación Educativa" (<https://innovacioneducativa.wordpress.com/>) y creador de la comunidad de aprendizaje "conectivismo.net" (<https://goo.gl/vk6wzr>). Lleva trabajando en I+D+i sobre innovación educativa desde hace más de 25 años, generando productos y aplicaciones innovadoras basadas en el aprendizaje adaptativo, la gestión del conocimiento, el trabajo cooperativo y nuevos modelos formativos. Comprometido con la divulgación participa de forma habitual en cursos, seminarios y conferencias sobre innovación educativa.

Roberto Therón cursó sus estudios de Informática en la Universidad de Salamanca (Diplomatura) y la Universidad de la Coruña (Licenciatura). Tras entrar a formar parte del Grupo de Investigación en Robótica de la Universidad de Salamanca, presentó su trabajo de Tesis, "Cálculo paralelo del espacio de las configuraciones para robots redundantes", recibiendo el Premio Extraordinario de Doctorado. Posteriormente ha obtenido los títulos de Licenciado en Comunicación Audiovisual (Universidad de Salamanca) y Licenciado en Humanidades (Universidad de Salamanca). En la misma Universidad de Salamanca continúa realizando su trabajo de investigador en el grupo GRIAL, que se centra en la combinación de enfoques procedentes de la Informática, Estadística, Diseño Gráfico y Visualización de Información, para obtener una adecuada comprensión de conjuntos de datos complejos. En los últimos años, se ha dedicado al desarrollo de herramientas de visualización avanzada para datos multidimensionales, como por ejemplo datos genéticos o paleoclimáticos. En el área de Analítica Visual desarrolla productivas colaboraciones con grupos e instituciones de reconocido prestigio internacional, como el Laboratorio de Ciencias del Clima y del Medio Ambiente (París) o el Centro de Analítica Visual Avanzada de la ONU (Suiza). Es autor de más de 70 artículos en revistas y congresos internacionales.