

# Lineamientos para el diseño de Cursos Online Masivos y Abiertos (MOOC) en Ingeniería Electrónica<sup>1</sup>

## Guidelines for the design of Massive Online Open Courses (MOOC) in Electronic Engineering

## Delineamentos para o desenho de Cursos Online Massivos e Abertos (MOOC) em Engenharia Eletrônica.

S. Pertuz, J. Torres

Recibido: febrero 8 de 2016 - Aceptado: enero 13 de 2017

**Resumen**— Los cursos online, masivos y abiertos (MOOC) son una nueva herramienta educativa que, en los últimos cinco años, han captado la atención de las más importantes instituciones educativas a nivel mundial. Sin embargo, hasta el momento no existen estudios concluyentes sobre el rol de esta herramienta en la educación superior. En este trabajo, se hace una revisión de la literatura científica sobre los MOOC, con el objetivo de identificar las tendencias y lineamientos para su creación. Si bien este estudio se enfoca al campo particular de la ingeniería electrónica, muchos resultados son aplicables a otros campos de la ingeniería y otras ramas del saber. La revisión realizada permite identificar las áreas en las que hay mayor potencial de impacto y visibilidad con la creación de los MOOC, así como los retos y estrategias para el diseño de sus contenidos

**Palabras clave**— Cursos Online Masivos y Abiertos, MOOC, aprendizaje electrónico, aprendizaje virtual, aprendizaje semipresencial, aula invertida.

**Abstract**— Massive online open courses (MOOC) are new educational trends that, in the past five years, have drawn the attention of the most important institutions worldwide. However, there is not consensus in the literature about the role that this tool will play in higher education in the near future. This work carries out an extensive revision of the scientific literature on MOOCs with the aim of identifying the trends and guidelines for their development. Although this study is framed

in the scope of electronics engineering, the results and findings are applicable to other fields of engineering and branches of knowledge. This review allows to identify the areas with higher potential of impact and visibility within the development of MOOCs, as well as the challenges and strategies for the design of their contents.

**Key Words**— Massive Online Open Courses, MOOC, e-learning, virtual learning, blended-learning, flipped classroom.

**Resumo**— Os cursos online, massivos e abertos (MOOC) são uma nova ferramenta educativa que, nos últimos cinco anos, tem captado a atenção das instituições educativas mais importantes do mundo. Porém até o momento não existem estudos efetivos sobre o papel desta ferramenta na educação superior. Neste trabalho, é feito uma revisão da literatura científica sobre os MOOC, com o objetivo de identificar as tendências e delineamentos para a sua criação. Apesar de que este estudo se enfoca no campo particular da engenharia eletrônica, muitos resultados são aplicáveis a outros campos da engenharia e outras áreas de conhecimento. A revisão realizada permite identificar as áreas com maior potencial de impacto e visibilidade com a criação dos MOOC, e também os desafios e estratégias para o desenho dos seus conteúdos.

**Palavras chave**— Cursos Online Massivos e Abertos, MOOC, aprendizagem eletrônica, aprendizagem virtual, aprendizagem semipresencial, classe invertida.

<sup>1</sup>Producto derivado del proyecto de investigación “Blended learning on Electronics Engineering”. Presentado por el Grupo de Investigación en Conectividad y Procesamiento de Señales (CPS), de la Universidad Industrial de Santander.

S. Pertuz es profesor de la Universidad Industrial de Santander, adscrito a la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones (email: [spertuz@uis.edu.co](mailto:spertuz@uis.edu.co)).

J. Torres es profesional de la Vicerrectoría Académica de la Universidad Industrial de Santander, adscrito al Centro para el Desarrollo de la Docencia -CEDEDUIS (email: [jitorres@uis.edu.co](mailto:jitorres@uis.edu.co)).

### I. INTRODUCCIÓN

LOS cursos online masivos y abiertos (MOOC por sus siglas en inglés de *massive online open course*) son cursos ofrecidos al público en general, sin pre-requisitos y usualmente de manera gratuita. Desde la perspectiva de la educación, el atractivo en el desarrollo de este tipo de cursos

es permitir que los recursos de aprendizaje estén disponibles a la mayor audiencia posible a un costo mínimo o nulo [1]. En los últimos años, estos cursos han concentrado la atención tanto de los medios como de las comunidades educativas. Una gran cantidad de esfuerzos y recursos se han invertido en la creación de nuevas plataformas y contenidos en este formato por parte de prestigiosas instituciones a nivel global.

Un ejemplo claro del crecimiento de esta iniciativa se puede evidenciar en una de las plataformas más reconocidas de este tipo de contenidos: *Coursera*. Dicha plataforma inició con tres cursos ofrecidos en otoño de 2011 en la Universidad de Stanford, los cuales tuvieron gran repercusión mediática [2]. En su siguiente edición, en primavera de 2012, la oferta de cursos aumentó con la participación de la Universidad de Michigan, Princeton y la Universidad de Pensilvania. A la fecha de escribir este artículo, Coursera ofrece más de 1400 cursos, con la participación de 138 instituciones de 27 países distintos a más de 16 millones usuarios. Esto corresponde a un crecimiento mayor que el de la red social *facebook*, con el valor agregado de que se trata de una comunidad de intereses primordialmente académicos [3].

A pesar de su indiscutible popularidad, las opiniones sobre el rol que desempeñarán los MOOC en la educación del futuro están divididas. Por un lado, están los que reconocen el gran potencial de esta herramienta para proporcionar recursos educativos de calidad al alcance de muchos, sin distinción de condición social, cultural u origen [4]; y los que sitúan a los MOOC entre las tecnologías con el potencial para cambiar el mundo [5]. Por otra parte, están los que argumentan que los MOOC no merecen siquiera el calificativo de cursos y pueden ser considerados, más bien, como una colección conectada de recursos de aprendizaje [1]; y los que argumentan que la interacción directa es un componente motivacional fundamental en el proceso de aprendizaje y que, al carecer de este componente, los MOOC tiene un potencial intrínsecamente limitado [6]. En todo caso, el desarrollo de materiales para este tipo de cursos y la investigación en el tema sigue notablemente en aumento.

La discusión del papel de los MOOC en la educación superior sigue abierta y, hasta la fecha, la literatura científica encaminada a arrojar luz sobre este tema es bastante limitada. La divulgación del impacto de estos cursos se debe primordialmente a notas de prensa, *white papers*, blogs y reportes universitarios<sup>1</sup>. La investigación formal sobre este instrumento de la educación es aún limitada. Por ejemplo, la figura 1 muestra la evolución del número de publicaciones científicas, hasta diciembre de 2015, en revistas en las bases de datos de la IEEE, Springerlink y JSTOR. Se seleccionaron estas bases de datos por su impacto y por ser las que agrupaban la mayor cantidad de publicaciones en el tema. Si bien el número de publicaciones en este tema va en aumento desde el 2012, es claro que los resultados de investigación formal son reducidos incluso a nivel internacional. A nivel nacional en Colombia, son relativamente pocas las iniciativas

encaminadas a aplicar e investigar esta herramienta y no se han podido encontrar publicaciones formales.

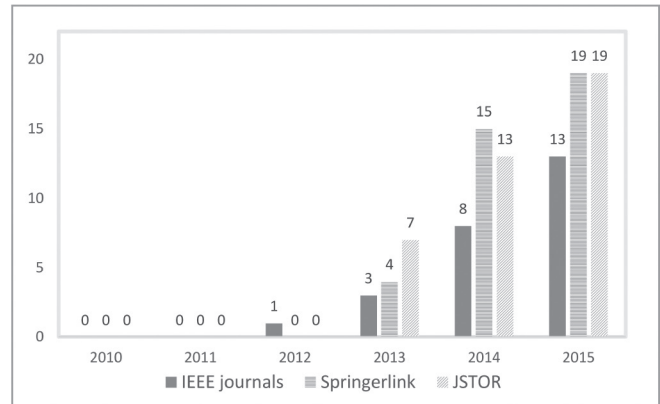


Fig. 1. Número de publicaciones sobre MOOC en revistas científicas en función del año. Actualizado hasta diciembre de 2015

Con el propósito de avanzar en la investigación sobre el impacto de los MOOC en la educación superior y, particularmente en el entorno nacional, es importante registrar los antecedentes y experiencias previas que puedan servir para guiar este proceso. El objetivo de este trabajo es hacer una revisión de la literatura científica existente sobre MOOC con el propósito de identificar estas experiencias y realizar un conjunto de recomendaciones para orientar el desarrollo y creación de este tipo de contenidos. La discusión respecto a los antecedentes y experiencias a nivel global se enfoca en la identificación de los retos, limitaciones y dificultades asociadas a los MOOC tanto desde el punto de vista institucional como desde el punto de vista técnico y pedagógico. La discusión se centra en el campo de la ingeniería electrónica, pero muchos de los conceptos revisados tienen validez para otros campos.

## II. ANTECEDENTES

En la Universidad Estatal de Utah, el profesor David Wiley, en el año 2008, abrió al público uno de sus cursos en educación, siendo éste uno de los primeros casos en los que se ofreció acceso a una experiencia de aprendizaje al público en general, a través de un conjunto de materiales y herramientas puestas en línea a disposición del público [9]. Sin embargo, el origen de los MOOC como los conocemos actualmente, se puede rastrear hasta el verano de 2011 cuando un grupo de profesores de la Universidad de Stanford decidió ofertar públicamente tres cursos de Ciencias de la Computación que originalmente se ofrecían a través del portal institucional *OpenClassroom* [3]. Motivados por el éxito de la iniciativa, surgieron las primeras plataformas MOOC por iniciativa de los profesores de Stanford Sebastian Thrun, fundador de Udacity, y Andrew Ng y Daphne Koller, fundadores de Coursera.

Actualmente, existen múltiples plataformas para la implementación de estos cursos, entre las cuales destacan Coursera, Udacity, EdX, Canvas, Udemy y Novoed (en los Estados Unidos), FutureLearn (en el Reino Unido), iversity (en Alemania), UNED COMA, COLMENIA y MiriadaX

<sup>1</sup>Un resumen sistemático de la literatura hasta principios del 2013 con un enfoque en la percepción, expectativas y críticas informadas y estadísticas sobre MOOC se puede encontrar en [7], [8].

(en España), FUN (en Francia), XuetangX (en China), OpenUpEd a nivel europeo y TelevisionEducativa (en México)<sup>2</sup>. Notablemente, los autores de este trabajo pudieron verificar que 18 de las universidades del top-20 mundial – según el ranking ARWU 2015- han adherido la iniciativa MOOC haciendo importantes inversiones y esfuerzos para la creación de contenidos y cursos en este formato.

#### A. Oferta internacional

Con el objetivo de establecer la distribución de la oferta internacional de cursos en la modalidad de MOOC en ingeniería electrónica, se realizó una revisión de los cursos disponibles en las principales plataformas para este tipo de contenidos: Coursera y EdX. Estas plataformas se seleccionaron con base en su reconocimiento (medido en el número de suscriptores) y la cantidad de cursos ofertados. El total de 46 cursos ofertados en ingeniería electrónica a la fecha, se organizó según cinco áreas temáticas: Sistemas Digitales, Diseño de Sistemas, Circuitos, Señales y Sistemas, Comunicaciones y Control. Tal como se muestra en la Fig. 2, la mayor oferta se concentra en las áreas de Sistemas Digitales y Diseño de Sistemas. Específicamente, para el caso de los sistemas digitales la mayoría de cursos son sobre programación de microcontroladores. Para el caso de diseño de sistemas, hay una importante oferta en el diseño microelectrónico y nanoelectrónica.

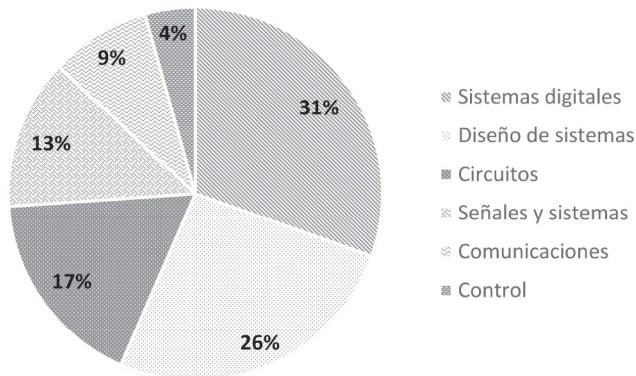


Fig. 2. Distribución de la oferta de cursos a nivel mundial en ingeniería electrónica en las plataformas Coursera y EdX. Los porcentajes corresponden a un total de 46 cursos

De la Fig. 2 es claro que en algunas áreas se presenta una oferta muy limitada, tales como en Control, Comunicaciones y Señales y Sistemas. Por consiguiente, estas áreas representan un nicho interesante en los que el desarrollo de este tipo de contenidos puede tener un particular impacto y visibilidad. Adicionalmente cabe resaltar que aunque la mayor oferta de cursos se concentra en sistemas digitales y diseño de sistemas, las pocas experiencias reportadas en la literatura corresponden al área de circuitos [10], [11] y de señales [12].

#### B. Oferta en América Latina

Con el fin de identificar las tendencias y contribuciones a

nivel de Latinoamérica, se realizó una revisión de las plataformas Coursera y Edx en ingeniería electrónica, inicialmente. Sin embargo, dado que la oferta en este campo es bastante limitada a nivel de Latinoamérica (con sólo 5 cursos), la búsqueda se expandió para abarcar todas las áreas del conocimiento. En la actualidad, en dichas plataformas se encuentran 103 cursos ofrecidos por universidades latinoamericanas, siendo México el país que concentra la mayor parte de la oferta, con un 61%, tal como se muestra en la Fig. 3a. Respecto a las áreas del conocimiento, agrupadas según el marco de Bologna (Arte y humanidades, Ciencias, Ciencias Sociales y Jurídicas, Ciencias de la Salud e Ingeniería y Arquitectura), el campo en el que más hay contribuciones corresponde precisamente al de ingeniería y arquitectura abarcando un 35% del total (Fig. 3b). Para el caso específico de la ingeniería, la mayor oferta se concentra en informática y sistemas, donde la mayoría de cursos ofertados son en el tema de la programación y el desarrollo de aplicaciones para Android y iOS (ver Fig. 4).

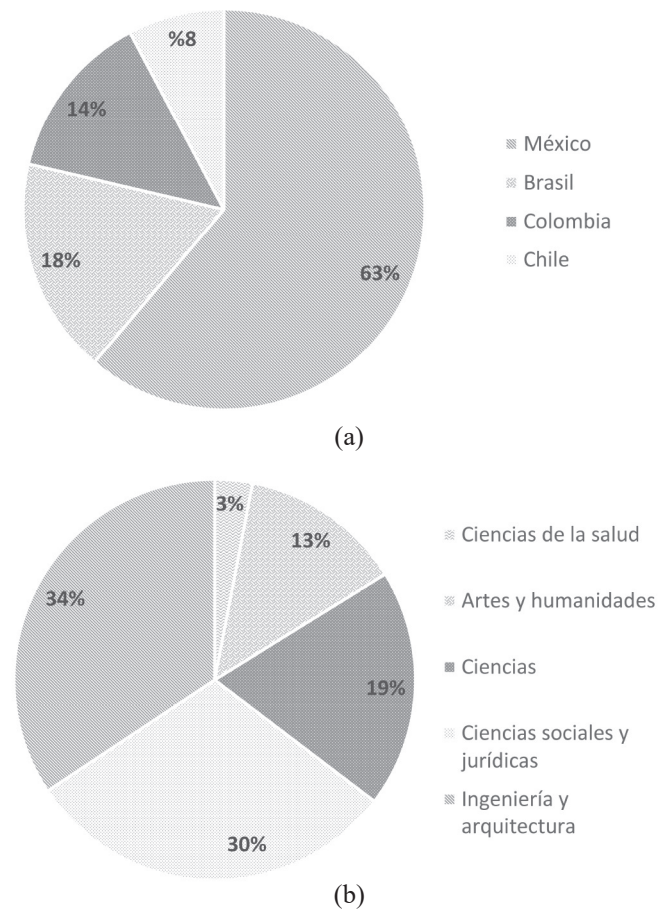


Fig. 3 Distribución de la oferta de universidades latinoamericanas según el país (a) y la rama del conocimiento (b). Los porcentajes corresponden a un total de 103 cursos

#### C. Oferta en Colombia

Actualmente, sólo cuatro universidades colombianas han generado contenidos para MOOC. En la plataforma de Miríada X se encuentran la Universidad Tecnológica de Pereira, la Corporación Universitaria Minuto de Dios y La Universidad de Ibagué; y en Coursera la Universidad de los Andes. El

<sup>2</sup>Una breve revisión de varias plataformas de implementación hasta el año puede encontrarse en (Kay et al., 2013)

total de cursos en modalidad de MOOC ofrecidos por dichas universidades es de 14. En particular, la oferta en el campo de la ingeniería corresponde a una serie de cinco cursos ofrecidos por la Universidad de los Andes que constituyen la especialización de Desarrollo y Diseño de Videojuegos. Esta especialización se puede circunscribir en el área de ingeniería de sistemas. Actualmente en Colombia no existe una oferta en formato MOOC para asignaturas de ingeniería electrónica.

### III. PRODUCCIÓN Y DISEÑO DE MOOC EN INGENIERÍA

Los retos asociados a esta nueva herramienta educativa se pueden resumir en dos grandes grupos. Por una parte, están las limitaciones desde el punto de vista pedagógico y por otra están los retos y dificultades estrictamente técnicas impuestas por el formato en que se imparten estos cursos. Respecto a la primera, en la literatura se han identificado varios retos asociados a los MOOC tales como la mayor dificultad para mantener la calidad de los contenidos en comparación con la educación presencial [13]; las altas tasas de deserción, que se reportan entre el 80-95% [3], [4], [13]; la dificultad de verificar la identidad del estudiante durante las evaluaciones, lo que facilita el fraude [3], [13], [10], [12]; la sostenibilidad económica del modelo [13], [14], [15]; y la falta de mecanismos para el reconocimiento de créditos oficiales [13]. Por lo anterior, actualmente no hay una solución concreta sobre cada uno de estos retos. Para una revisión sobre las alternativas que se están estudiando para abordar cada uno de estos retos, el lector es remitido a las referencias anteriormente presentadas en este párrafo. Trabajos anteriores han abordado el diseño de cursos virtuales desde una perspectiva pedagógica [16]. Con el propósito de establecer unos lineamientos para la creación de MOOC en el área de ingeniería en Colombia, a continuación se presentan los retos y dificultades técnicas reportadas en la literatura sobre la producción y diseño de este tipo de cursos y los recursos necesarios para su creación.

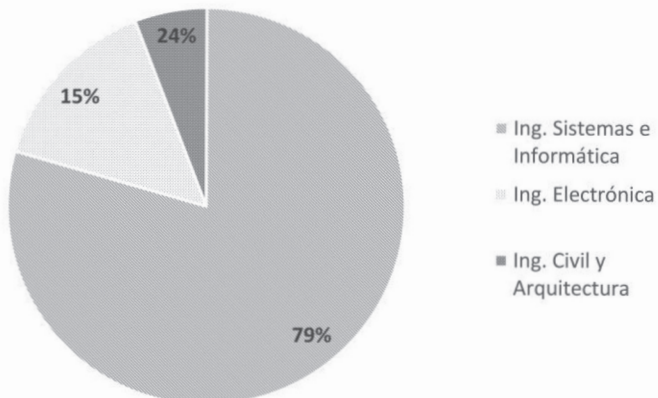


Fig. 4. Distribución de la oferta en ingeniería en América Latina. Los porcentajes corresponden a un total de 34 cursos.

#### A. Características técnicas

Una característica distintiva de los MOOC es intentar replicar los modelos tradicionales del aula, fundamentados en clases, trabajos y evaluaciones [3]. En términos simples,

la principal diferencia respecto a los métodos explotados en el aula de clase, son el formato en el que se distribuyen los contenidos -en línea y digital- y la cantidad de estudiantes que participan de la experiencia. Uno de los retos que hay que afrontar en la creación y el diseño de un MOOC es que, a diferencia de los sistemas de gestión de aprendizaje (LMS, *learning management systems*), los MOOC han sido pensados para funcionar como herramientas independientes y auto contenidos de aprendizaje, más allá de servir simplemente de soporte a una clase tradicional. Además, a diferencia de los cursos a distancia que dependen de la interacción directa del instructor con los estudiantes, los MOOC son desarrollados como ambientes de aprendizaje completos que, debido a su escala, deben eliminar la necesidad de interacción directa con el instructor.

Con base en un análisis de las experiencias reportadas en la literatura, los MOOC se pueden dividir en cuatro componentes principales que son: videos instruccionales, evaluaciones, herramientas de trabajo colaborativo y lecturas. Es de destacar que, debido a su estructura, además de las competencias y recursos necesarios en una clase tradicional, el diseño y puesta en marcha de estos cursos implica un proceso meticuloso en cuanto al diseño instruccional, el desarrollo técnico del curso y monitorización del proceso de aprendizaje de los estudiantes [4]. A continuación se discuten los retos asociados a la producción de cada uno de estos componentes de un MOOC.

#### 1. Videos

Las clases son un componente particularmente importante en educación superior. En los MOOC, la práctica es reemplazar las clases magistrales tradicionales por videos. Según la experiencia reportada por varios casos exitosos de MOOC, la relación en tiempo entre una clase tradicional y los videos es aproximadamente de 3 a 1 [17]. En las clases tradicionales, algunos investigadores recomiendan sesiones de 20-30 minutos de duración, basados en la capacidad del estudiante para mantener su atención durante determinados lapsos de tiempo [18]. Con base en un estudio sobre los efectos de la producción de videos en la aceptación por parte de los estudiantes, para el caso de los MOOC se recomiendan videos cortos de duración entre 6 y 9 minutos [19]. La preferencia por parte de los estudiantes de dividir las lecciones en varios videos de corta duración también fue corroborada independientemente por Mamgain et al. [20]. Por lo tanto, aunque no hay un consenso sobre la duración exacta que deben tener estos videos, sí que parece haber un acuerdo sobre el hecho de que es recomendable que cada uno de estos videos sea mucho más corto en comparación con las clases tradicionales. Según experiencias reportadas en la literatura, cada lección suele dividirse en videos de una duración máxima de 15 minutos [10], [12].

En los videos, los pequeños errores pueden ser causa de importantes confusiones. Cualquier impresión incorrecta, frase incompleta u omisión de palabras es bastante notoria cuando el estudiante tiene la oportunidad de repetir el video y no hay oportunidad para aclaraciones adicionales. Para evitar estos problemas, es común crear libretos (*scripts*) para

todo el material, lo que representa un significativo esfuerzo adicional [17]. Igualmente, la eliminación de errores y silencios demandan un proceso de edición y producción más laborioso [12].

Una de las características distintivas de los videos es la inclusión de preguntas cortas tipo quiz durante el video o al final del mismo, las cuales son calificadas automáticamente. Esto representa para los estudiantes una retroalimentación sincrónica sobre el proceso de aprendizaje [4], [12]. Sobre este particular, el estudio conducido por Mamgain et al., no reveló alguna preferencia especial por parte de los estudiantes en que los quices estuvieran embebidos en el video o aparecieran al final del mismo [20].

Adicionalmente, a partir de la experiencia, algunos profesores han decidido remover la imagen del presentador (*talking head*) en la mayor parte de los videos por considerar esto como una distracción. En estos casos, la imagen del profesor hace aparición solo en puntos estratégicos del video, por ejemplo al principio y al final del mismo [10], [12]. La misma recomendación, de incluir la *talking head* en puntos estratégicos, encuentra soporte en los trabajos de [20], [19]. Algunos investigadores argumentan que el valor agregado de la *talking head* es dar la impresión de “presencia social”, la cual se asocia a experiencias positivas de aprendizaje [21]. En un estudio sobre los efectos en la carga cognitiva mediante señales EEG sobre el uso de la *talking head* no se encontraron resultados concluyentes [22].

En un esfuerzo por identificar los factores que influyen en la calidad de los MOOC, Yousef *et al.* aplicaron una encuesta a 98 profesores y 107 estudiantes con experiencia en MOOC [23]. La encuesta se enfocó a estudiar elementos pedagógicos y técnicos que, según la opinión de los encuestados, influyen en la calidad del MOOC. Según la encuesta realizada por Yousef et al., uno de los elementos más valorados en el diseño de las clases es que, al comienzo de cada lección, los objetivos del material estén claramente definidos y que incluyan ejemplos que pueden ser entendidos por cualquiera independientemente del *background* cultural [23]. De esta forma, para lograr una articulación exitosa de los videos con el programa global del curso, es necesario invertir en la planeación del mismo, para lograr una estructura modular [12]. Según [23], los elementos técnicos más valorados en los videos son la calidad y claridad del audio así como las facilidades de reproducción provistas por la interfaz gráfica del usuario.

## 2. Evaluaciones y tareas

Uno de los retos asociados a la producción de material para evaluaciones y tareas en los MOOC corresponde a la escala del proceso. Concretamente, para poder atender grandes volúmenes de estudiantes, se debe garantizar que estas actividades puedan ser calificadas eficientemente. En la literatura, predominan tres tipos de evaluaciones: quices, tareas y ensayos.

Los quices corresponden a cuestionarios cortos de calificación automática. Como se mencionó anteriormente, estos quices se suelen incluir en los videos. Según [23], uno de los elementos más valorados por los estudiantes

en este tipo de evaluación de calificación automática, es que cada quiz dé una retroalimentación del desempeño de los estudiantes y/o suministre las respuestas correctas. En las plataformas actuales, generalmente en estos quices predominan preguntas de selección múltiple, falso-verdadera, de asociación y de completar espacios. Suelen ser preguntas sencillas cuya finalidad es guiar al estudiante en la adquisición de conceptos básicos.

Las tareas corresponden a evaluaciones que, si bien por lo general disponen del mismo tipo de preguntas que los quices, son de mayor profundidad y requieren mayor dedicación por parte del estudiante. Las experiencias en MOOC reportadas en la literatura, con frecuencia destacan el reto que representa el diseño de problemas y preguntas para este tipo de evaluación [17]. La dificultad radica en que las evaluaciones deben posibilitar la calificación automática computarizada para efectos de escalabilidad [10]. En experiencias reportadas para el caso particular de la ingeniería electrónica, más allá de la evaluación, las tareas tienen el objetivo de desarrollar en el estudiante el pensamiento propio de un ingeniero mediante la aplicación de sus conocimientos a la resolución de problemas. Esto representa un reto particularmente difícil en el ambiente de los MOOC teniendo en cuenta las limitaciones en el tipo de preguntas y problemas que se pueden formular con calificación automática [10], [12].

En cuanto a los ensayos, que corresponden a producciones textuales individuales, el método de evaluación más utilizado corresponde a la evaluación por pares dado que, mediante este mecanismo, se busca solucionar el problema de la escalabilidad mediante plataformas que permiten a los estudiantes revisar el trabajo de pares en un proceso doble ciego. En la evaluación por pares, el elemento más valorado por los participantes es el diseño de guías y rúbricas de evaluación claramente definidas [23]. Las principales dificultades de este mecanismo son las limitaciones en cuanto a dominio del tema y falencias didácticas de los pares [24]; la cantidad de estudiantes que, aunque se suscriben a los cursos, permanecen inactivos; la definición de rúbricas claras y objetivas para la calificación [25]; y la necesidad de plataformas especializadas que permitan gestionar este tipo de actividad.

Además de los mecanismos anteriormente mencionados, en algunos cursos se han invertido esfuerzos en el desarrollo de herramientas que permitan calificar automáticamente tareas prácticas desarrolladas por los estudiantes [25], [26]. La mayoría de los sistemas que permiten la calificación automática de tareas desarrolladas por los estudiantes se dan en materias que tienen algún componente de programación. Como ejemplo, están los cursos *Introduction to Databases* y *Machine Learning* de Stanford, ofrecidos a través de Coursera. En nuestra búsqueda bibliográfica, las únicas publicaciones sobre este tipo de desarrollos aplicados a MOOC las encontramos en [25], [26]. En [25], se diseñaron tres tareas prácticas para el curso *Internetworking with TCP/IP*. Los ejercicios fueron evaluados mediante quices que sólo podrían ser respondidos cuando la tarea fuera completada por el estudiante. En [26], se propone un *framework*

estadístico que, a partir de una base de datos de programas y sus calificaciones, permitiría aprender a calificar programas desarrollados por los estudiantes. Sin embargo, en ese trabajo no se ofrecen datos experimentales sobre el desempeño de esa metodología. En el mundo del aprendizaje en línea, sin embargo, la calificación totalmente automática de programas no es una novedad. En general, estos métodos de calificación se pueden categorizar en dos grupos: la evaluación de un programa mediante su salida al ser ejecutado/compilado [27], [28]; o mediante el estudio estadístico de programas o fragmentos de programas [29], [26].

Una tercera alternativa que se ha explorado para el desarrollo de tareas en la educación a distancia es el uso de laboratorios remotos y virtuales [30], [31], [32], [33]. El uso de este tipo de herramientas en MOOC ha sido reportada por [11], para el curso *Bases de circuitos y electrónica práctica* ofrecido por la Universidad de Educación a Distancia (UNED) de España, a través de la plataforma UNEDCOMA. Estas herramientas tienen la importante ventaja de ofrecer formación práctica a los estudiantes mediante la experimentación. Las principales limitaciones se presentan porque necesitan una inversión en tiempo y recursos significativa para su desarrollo y que, actualmente, se ofrecen como actividades abiertas para el estudiante pero hasta el momento no existen mecanismos o estrategias definidas para su evaluación.

### 3. *Discusión y trabajo colaborativo*

Uno de los principales componentes de los MOOC tiene que ver con las estrategias para la discusión e interacción entre usuarios. Según [23], los componentes de interacción social más valorados son las herramientas para discusión colaborativa y las notificaciones por email. Tal como se mencionó anteriormente, el factor humano y de interacción es considerado de gran importancia en el proceso de aprendizaje [1]. Con el objetivo de emular el trabajo colaborativo, el uso de foros de discusión con participación activa tanto de los estudiantes como del personal a cargo de ofrecer el curso, parecen de vital importancia [10].

Una vez más, debido al volumen de estudiantes que manejan los MOOC, el diseño y manejo de herramientas para la interacción social presentan varias dificultades entre las cuales destacan las altas tasas de decrecimiento en la participación y las sobrecargas de información [34]. Para abordar estos problemas, se ha propuesto el uso de algoritmos y agentes encargados de clasificar la relevancia de los hilos de discusión en un foro para maximizar la participación de los estudiantes [35]. Sin embargo, por el momento, la posibilidad de explotar esta alternativa depende y está limitada en gran manera por las características de la plataforma usada para la entrega del curso. Su uso requiere el desarrollo de herramientas específicas para esta tarea.

### 4. *Lecturas*

Una postura adoptada por muchos MOOC para evitar problemas de propiedad intelectual y de licenciamiento con el material escrito, ha sido eliminar completamente las listas de lecturas o dejarlas como opcionales. Otra estrategia

popular consiste en crear links a contenido educativo de acceso abierto o de dominio público.

### B. *Recursos necesarios para la producción y aplicación de un MOOC*

De acuerdo a [36], los factores más importantes que influyen en el costo de producción y aplicación de un MOOC son el número de personal de planta, personal de administración y soporte instruccional, la calidad de la videografía, la naturaleza de la plataforma utilizada, soporte técnico para los participantes, la programación para suministrar características especiales tales como código auto-calificado y el análisis de los datos de la plataforma. Los costos totales presentan una alta variabilidad según estos aspectos, con estimaciones de alrededor de US \$39000 en promedio por curso [14]. Los principales costos institucionales pueden agruparse en tres rubros que son: recurso humano, producción audiovisual y material docente [37].

Los costos de personal, pueden a su vez dividirse en dos: los costos asociados al personal de soporte, y los costos asociados a los educadores. Generalmente los MOOC requieren un equipo de soporte que incluye diseñadores de contenido para el aprendizaje, y soporte técnico para el montaje y mantenimiento de los materiales en la plataforma. Por otro lado, está el personal que crea los contenidos y da soporte académico a los participantes del curso. Esta responsabilidad recae usualmente en los profesores y los asistentes de docencia (TA's por sus siglas en inglés *teaching assistants*). Dependiendo del soporte disponible, la literatura reporta una dedicación por parte de los educadores de entre 100 y hasta 400 horas por curso en el proceso de producción [36]. En las experiencias reportadas en la literatura, se reconoce que los materiales usados típicamente en clases no son apropiados para los MOOC y que es necesario desarrollar el material exclusivamente pensando en el formato. Esto implica una dedicación importante, con una preparación de unas 8 horas por cada hora de video producido [12].

Los costos de producción del material, principalmente gráfico, dependerán de la naturaleza y calidad del mismo, con costos estimados en unos US \$3000 por curso [14]. Finalmente, están los costos asociados al material educativo. Si bien los MOOC optan, por lo general, por usar material de libre distribución o generan sus propios materiales, este es un costo que se debe tener en cuenta si se necesita distribuir o utilizar material por los que hay que pagar derechos de uso.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este trabajo se ha realizado una revisión de las experiencias previas en el desarrollo de cursos en línea, masivos y abiertos (MOOC). A nivel general, los mayores retos desde el punto de vista institucional para la adopción de esta herramienta de enseñanza son los modelos de sostenibilidad económica, el reconocimiento de créditos y la autenticación de los usuarios. A nivel de Latinoamérica la mayor oferta de cursos en este formato se da en el área de ingeniería, específicamente en ingeniería de sistemas. Dado el creciente impacto de esta modalidad de enseñanza, se

evidencia la importancia de expandir el uso y estudio de esta herramienta a otras ramas de la ingeniería. En este contexto, es de particular dificultad el desarrollo de herramientas y mecanismos que permitan la aplicación práctica de los conocimientos, así como la resolución de problemas con la complejidad necesaria para desarrollar las competencias esperadas en el estudiante de ingeniería.

En el campo de la ingeniería electrónica la oferta es relativamente limitada. A nivel internacional, las líneas de Control, Comunicaciones y Señales y Sistemas son de particular interés debido a la reducida oferta de cursos. A nivel nacional, no hay hasta la fecha propuestas en esta rama.

#### A. Recomendaciones

En referencia concreta a los lineamientos para la creación de cursos en este formato en el área de ingeniería, las experiencias previas reportadas en la literatura destacan dos componentes claves: el diseño del contenido del curso y la creación de los materiales para impartir dichos contenidos. Con base en la revisión de la literatura realizada, a continuación se presentan un conjunto de recomendaciones respecto a estos dos componentes.

*Contenido del curso:* para el diseño de los contenidos, se debe crear el curso completo siguiendo un contenido modular. Tener en cuenta que, según la extensión del curso, el proceso de diseño y creación de materiales puede demandar una dedicación aproximada entre 25 y 33 horas por semana de curso. Para cada módulo preparar un conjunto de materiales y actividades: videos, lecturas, quices, evaluaciones y tareas para monitorear y guiar el proceso de aprendizaje del estudiante, disponer de herramientas para dar soporte al estudiante y facilitar el trabajo colaborativo (e.g., por medio de foros)

*Materiales:* dividir cada módulo en videos auto contenidos de corta duración (se recomienda entre 6 y 9 minutos). Para aumentar la eficiencia en la creación de los videos, se recomienda crear scripts de los mismos. Se estima que los videos pueden abarcar el mismo contenido en un 33% del tiempo respecto a una clase tradicional. El proceso de edición y producción se debe utilizar para eliminar errores, silencios y defectos en el proceso de grabación. Crear quices que sirvan al estudiante para monitorear su dominio del material presentado en cada video/módulo. Los quices deben contar con calificación automática y dar al estudiante retroalimentación sobre su desempeño y, de ser posible, indicar las respuestas correctas en caso de error. Diseñar y crear evaluaciones de mayor complejidad que los quices para permitirle al estudiante afianzar sus conocimientos. Las evaluaciones deben poder ser calificadas de forma automática. Considerar la creación de tareas prácticas de calificación automática

#### B. Perspectivas futuras

Las tendencias y desarrollos tecnológicos más recientes se enfocan en el desarrollo de herramientas para la medición y predicción del desempeño [38] y en mecanismos para adaptar los contenidos de los cursos dinámicamente a partir

de la medición de las actividades del estudiante [35]. Desde el punto de vista pedagógico, los cursos integrados (*blended courses* o *B-learning*) articulan cursos de educación formal tradicional con el formato MOOC. Entre las modalidades de cursos integrados, se destaca la conocida como claustro invertido, o *flipped classroom*. En esta modalidad, el estudiante prepara previamente el material a través de los videos y material preparado para tal propósito, de tal forma que el tiempo en clases se invierte mejor en la discusión de problemas y aprendizaje colaborativo [39]. Si bien estas iniciativas no han recibido la misma atención que los MOOC, aun representan una importante motivación por parte de las instituciones interesadas en el desarrollo de contenidos MOOC [40]. En este contexto ya hay experiencias previas en ingeniería en las que el MOOC representa una línea base introductoria de manera que los niveles más altos de entendimiento cognitivo y síntesis son reforzados en la clase [41], [42], [43]. En el ámbito nacional, trabajos recientes destacan la importancia de explotar los recursos de las tecnologías de la información y comunicación como herramienta para favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje a nivel universitario [44].

#### REFERENCIAS

- [1] J. M. Spector, «Remarks on MOOCs & mini-MOOCs,» *Educational Technology Research and Development*, vol. 62, n° 3, pp. 385-392, 2014.
- [2] L. Pappano, «The year of the MOOC,» *The New York Times*, 02 Nov 2012.
- [3] J. Haber, MOOCs, Cambridge: The MIT press, 2014.
- [4] J. Kay, P. Reimann, E. Diebold y B. Kumerfeld, «MOOCs: so many learners, so much potential...» *IEEE Intelligent systems*, vol. 28, n° 3, pp. 70-77, 2013.
- [5] K. Pretz, «Ten technologies that could change the world by 2021,» *IEEE The Institute*, 12 Nov 2014.
- [6] J. Noonan y M. Coral, «Education, social interaction, and material co-presence: against virtual pedagogical reality,» *Interchange*, vol. 44, n° 1, pp. 31-43, 2013.
- [7] S. Haggard, «The maturing of the MOOC,» Department of business and innovation skills, 2013.
- [8] T. Liyanagunawardena, A. Adams y S. Williams, «MOOCs: a systematic study of the published literature 2008-2012,» *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, vol. 14, n° 3, pp. 202-227, 2013.
- [9] J. R. Young, «When professors print their own diplomas who needs universities,» *Chronicles of higher education*, vol. 55, n° 6, 2008.
- [10] D. H. Johnson, «Teaching a MOOC: experiences from the front line,» de *IEEE Digital Signal Processing and Signal Processing Education Meeting*, 2013.
- [11] F. Garcia, G. Diaz, M. Tawfik, S. Martin, E. Sancristobal y M. Castro, «A practice-based MOOC for learning electronics,» de *Global Engineering Education Conference*, 2014.
- [12] D. H. Johnson, P. Prandoni, P. C. Pinto y M. Vetterli, «Teaching signal processing online: a report from the trenches,» de *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, 2013.
- [13] L. Stuchlikova y A. Kosa, «Massive Open Online Courses: challenges and solutions in engineering education,» de *IEEE International Conference on Emerging eLearning Technologies and applications*, 2013.
- [14] E. Rutz, «A MOOC with a business plan,» de *ASEE Annual Conference and Exposition*, 2014.
- [15] E. L. Burd, S. P. Smith y S. Reisman, «Exploring Business Models for MOOCs in Higher Education,» *Innovative Higher Education*, vol. 40, n° 1, pp. 37-49, 2015.
- [16] H. G. Sanchez, «Diseño de cursos virtuales: propuesta pedagógica fundamentada en un aprendizaje significativo,» *Entre Ciencia e Ingeniería*, vol. 3, n° 6, pp. 96-111, 2009.

- [17] W. Krauth, «Coming home from a MOOC,» *Computing in Science Engineering*, vol. 17, n° 2, pp. 91-95, 2015.
- [18] D. A. Bligh, What's the use of lectures, Jossey-Bass publishers, 2000.
- [19] P. J. Guo, J. Kim y R. Rubin, «How video production affects student engagement: an empirical study of MOOC videos,» de *ACM Conference on Learning @ Scale Conference*, New York, 2014.
- [20] N. Mamgain, A. Sharma y P. Goyal, «Learner's perspective on video-viewing features offered by MOOC providers: Coursera and edX,» de *IEEE International Conference on MOOC, Innovation and Technology in Education*, 2014.
- [21] B. D. Homer, L. P. Jan y L. Blake, «The effects of video on cognitive load and social presence in multimedia-learning,» *Computers in Human Behavior*, vol. 24, n° 3, pp. 786-797, 2008.
- [22] D. Diaz, R. Ramirez y D. Hernandez, «The effect of using a taking head in academic videos: an EEG study,» de *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, 2015.
- [23] A. M. F. Yousef, M. A. Chatti, U. Schroeder y M. Wosnitza, «What drives a successful MOOC? An empirical examination of criteria to assure design quality of MOOCs,» de *IEEE international Conference on Advanced Learning Technologies*, 2014.
- [24] T. Daradoumis, R. Bassi, F. Xhafa y S. Caballe, «A Review on Massive E-Learning MOOC Design, Delivery and Assessment,» de *International Conference on P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet Computing 3PGCIC*, 2013.
- [25] C. Willems, J. Jasper y C. Meinel, «Introducing hands-on experience to a Massive Open Online Course on openHPI,» de *IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering*, 2013.
- [26] A. Drummond, Y. Lu, S. Chaudhuri, C. Jermaine, J. Warren y S. Rixner, «Learning to Grade Student Programs in a Massive Open Online Course,» de *IEEE International Conference on Data Mining*, 2014.
- [27] B. Cheang, A. Kurnia, A. Lim y W.-C. Oon, «On automated grading of programming assignments in an academic institution,» *Computers & Education*, vol. 41, n° 2, pp. 121-131, 2003.
- [28] F. Al-Shamsi y A. Elnagar, «An intelligent assessment tool for student's java submissions in introductory programming courses,» *Journal of Intelligent learning systems and applications*, vol. 4, n° 1, pp. 59-69, 2012.
- [29] T. Wang, X. Su, Y. Wang y P. Ma, «Semantic similarity-based grading of student programs,» *Information and Software Technology*, vol. 49, n° 2, pp. 99-107, 2007.
- [30] V. Potkonjak, M. Vukobratovic, K. Jovanovic y M. Medenica, «Virtual Mechatronic Robotic laboratory - A step further in distance learning,» *Computers & Education*, vol. 55, n° 2, pp. 465-475, 2010.
- [31] C. A. Jara, F. A. Candelas, S. T. Puente y F. Torres, «Hands-on experiences of undergraduate students in Automatics and Robotics using a virtual and remote laboratory,» *Computers & Education*, vol. 57, n° 4, pp. 2451-2461, 2011.
- [32] A. Rojko, D. Hercog y K. Jezernik, «Power Engineering and Motion Control Web Laboratory: Design, Implementation, and Evaluation of Mechatronics Course,» *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 57, n° 10, pp. 3343-3354, 2010.
- [33] M. Tawfik, E. Sancristobal, S. Martin, R. Gil, G. Diaz, A. Colmenar, J. Peire, M. Castro, K. Nilsson, J. Zackrisson, L. Hakansson y I. Gustavsson, «Virtual Instrument Systems in Reality (VISIR) for Remote Wiring and Measurement of Electronic Circuits on Breadboard,» *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 6, n° 1, pp. 60-72, 2013.
- [34] Brinton, C., Chiang, M., Jain, S., Lam, H., Liu, Z., & Wong, F. (2014). «Learning about social learning in moocs: From statistical analysis to generative model» *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 7, no 4, pp. 346-359, 2014
- [35] C. Brinton, R. Rill, S. Ha, M. Chiang, R. Smith y W. Ju, «Individualization for Education at Scale: MIIC Design and Preliminary Evaluation,» *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 8, n° 1, pp. 136-148, 2015.
- [36] F. M. Hollands y D. Thirtali, «MOOCs: expectations and reality,» Columbia University, 2014.
- [37] L. Czerniewicz, A. Deacon, M. Fife, J. Small y S. Wajli, «CILT position paper: MOOCs,» University of Cape Town, 2015.
- [38] G. Hughes y C. Dobbins, «The utilization of data analysis techniques in predicting student performance in massive open online courses (MOOCs),» *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, vol. 10, n° 10, 2015.
- [39] G. S. Mason, T. R. Shuman y K. E. Cook, «Comparing the Effectiveness of an Inverted Classroom to a Traditional Classroom in an Upper-Division Engineering Course,» *IEEE Transactions on Education*, vol. 56, n° 4, pp. 430-435, 2013.
- [40] A. Ng y J. Widom, «Origins of the modern MOOC (xMOOC),» [En línea]. Available: <http://www.andrewng.org/portfolio/origins-of-the-modern-mooc-xmooc/>. [Último acceso: 20 01 2014].
- [41] G. D. a. B. Ferri, «Distributed laboratories: Control system experiments with Lab VIEW and the LEGO NXT platform,» de *ASEE Annual Conference and Exposition*, 2012.
- [42] B. Ferri y J. Auerbach, «A portable finite state machine module experiment for in-class use in lecture-based course,» de *ASEE Annual Conference and Exposition*, 2012.
- [43] B. Ferri, D. M. Majerich, P. N. V y A. A. Ferri, «Use of MOOC to blend a linear circuits course for non majors,» de *ASEE Annual Conference and Exposition*, 2014.
- [44] L. E. Contreras, I. Escobar y J. A. Tristanchó, «Estrategias educativas para el uso de las TIC en educación superior,» *Tecnura*, vol. 17, pp. 161-173, 2013.
- [45] E. Murcia, H. Córdoba, «Enseñar matemáticas usando objetos virtuales de aprendizaje en la Universidad Tecnológica de Pereira,» *Entre Ciencia e Ingeniería*, vol. 5, n° 10, pp. 148-162, 2011.



**S. Pertuz** recibió el título de Ingeniero Electrónico (2007) de la Universidad Industrial de Santander (Bucaramanga, Colombia) y los títulos de máster (2009) y doctorado (2013) en Ingeniería Informática de la Universidad Rovira i Virgili (Tarragona, España). En el 2013 se vinculó como investigador posdoctoral al Computational Breast Imaging Group de la Universidad de Pensilvania (Filadelfia, USA). En 2014 se vinculó a la Universidad Industrial de Santander como

docente de tiempo completo adscrito a la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones donde imparte los cursos de tratamiento de señales discretas y procesamiento digital de imágenes. Sus líneas de investigación son la visión artificial, el procesamiento de imágenes y la imagen biomédica.



**Jorge Iván Torres** recibió el título de Ingeniero de Sistemas (2012) y Magister en Pedagogía (2016) de la Universidad Industrial de Santander (Bucaramanga, Colombia). Entre las líneas de investigación en las que se desempeña se encuentran: competencias informacionales, sistematización de experiencias educativas en educación superior, TIC en educación y estrategias de enseñanza, aprendizaje y evaluación. Actualmente es profesional de la Vicerrectoría Académica de la Universidad Industrial de Santander, adscrito al

Centro para el Desarrollo de la Docencia –CEDEDUIS en la Universidad Industrial de Santander. Así mismo es el administrador del aula virtual de aprendizaje institucional y miembro del Equipo Líder en TIC –ELTIC de la Universidad. Es orientador de cursos de perfeccionamiento docente con incorporación de TIC como apoyo a los procesos educativos y asesor y evaluador de proyectos de pregrado y posgrado que involucran las TIC aplicadas a la educación.