

Un análisis de los cursos de computación disponibles en Coursera

An analysis of the computer science courses in Coursera

Master Rolando Aguilar^I, Dr.C. Alejandro Rosete^{II}

^I Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, Costa Rica.

Correo electrónico: rolando.aguilar.alvarez@una.cr

^{II} Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, CUJAE.

Correo electrónico: rosete@ceis.cujae.edu.cu

Recibido: 13 de julio de 2015

Aceptado: 18 de enero de 2016

Resumen:

En estos primeros años del siglo XXI se han producido muchas innovaciones educativas. Una de las que parece tener más implicaciones para las instituciones de educación superior son los cursos masivos abiertos en línea. Particularmente se han realizado muchos de estos cursos en las temáticas de las Ciencias de la Computación y la Informática. En este trabajo se analizan los cursos disponibles en estas temáticas dentro de la plataforma Coursera, que es una de las plataformas más fuertes en la impartición de este tipo de cursos. El objetivo del análisis es valorar cómo se cubren en esta plataforma los contenidos sugeridos para esta carrera. Los resultados del análisis muestran que, a pesar de que hay un buen completamiento, en determinados temas los cursos no son tan abundantes. Esto puede sugerir la existencia de temas en los que hay espacios importantes a cubrir. Otro aspecto interesante que se ha podido concluir es que hay una gran interrelación entre los temas de los cursos.

Abstract:

In the first years of the 21st century a lot of educative innovation has been developed. One of the most relevant innovations for higher education institutions are the Massive Open On-line Courses (MOOC). In the field of Computer and Information Sciences, a lot of MOOC have been performed. In this paper we analyze the courses that are available in Coursera, one of the most popular platforms for delivering MOOC. Our intention is to assess to which extent the subjects suggested for the careers of Computer and Information Sciences are covered by the courses in Coursera. Despite the fact that are many courses in certain subjects, our results show that some subjects are not very well covered. Another conclusion that can be elicited from our analysis is that there are strong relationships among the courses that are available in Coursera.

Palabras claves

Cursos masivos abiertos en línea, educación a distancia, Computación.

Key Words

Massive Open On-line Courses (MOOC), Distance education, Computer Science.

Licencia Creative Commons



Introducción.

Los últimos cinco años han estado marcados por el surgimiento y desarrollo de los cursos masivos abiertos en línea o MOOC, por las siglas en inglés de Massive Open Online Courses [1]. Entre las singularidades de estos cursos está la gran masividad, su carácter abierto y la presencia de una reconocida personalidad del tema como profesor del curso. Hay varios aspectos que reflejan el crecimiento que han tenido y estos autores analizan el crecimiento del número de publicaciones que tratan el tema.

El tema de la Computación ha sido uno de los más cubiertos en los MOOC. Más de 60 de los MOOC disponibles en el año 2013 eran de Computación y eran más de la mitad el total. Adicionalmente, en aquel momento también había 8 de Matemáticas y Estadísticas que son temas muy cercanos a las Ciencias de la Computación [2]. Este total de casi 70 cursos relevantes para la Computación era notablemente superior a los de otras ramas, como los negocios y la gestión en que había 21, los 12 relacionados con Salud y Medicina o los 3 de Ingeniería que había en aquel momento.

Para otras carreras de ingeniería, algunos autores han realizado análisis que llevan a la conclusión de que hay carencia de cursos en ciertos temas [3]. A pesar de la abundancia de cursos en Computación, no se ha analizado hasta qué punto la oferta educativa en este tema es abarcadora. Es muy importante mantener una constante observación sobre el fenómeno de los MOOC, pues hay autores que los ven como un tsunami, que debe observarse constantemente [4].

Si se analizan los trabajos publicados sobre experiencias con MOOC en Computación puede concluirse que uno de los temas más comunes es el de Introducción a la Programación donde se reportan varias experiencias como las de Ben-Ari [5] y Piccioni y Meyer [6]. En otros trabajos, como los de Pieterse [7] y Nguyen, Huang y Guibas [8], se ha analizado la necesidad de mejorar las técnicas para la evaluación automática de ejercicios de programación. El tema del reconocimiento de lo aprendido en MOOC en cursos más tradicionales de programación se ha analizado en los trabajos de Vihavainen, Luukkainen y Kurhila [9] y [10]. Otros cursos de programación se han centrado en el lenguaje Python [11] y en las bases de datos [12]. Otro de los temas impartidos en cursos ha sido el de Ingeniería de Software en [13] y [14]. Otro tema en que se han publicado resultados del uso de MOOC es el de la Inteligencia Artificial, por ejemplo en [15] y [12]. Hay otros MOOC reportados sobre teoría de la complejidad y algoritmos evolutivos [16], modelado y optimización discreta [17], redes y memorias [18].

Más allá de estos cursos concretos de computación, no se conoce de la existencia de comparaciones de la oferta disponible de MOOC con el currículo que debe cubrirse en esta carrera, de modo que puedan identificarse áreas de conocimiento no cubiertas.

En el caso de la formación en Ciencias de la Computación existe una referencia reconocida de los contenidos necesarios para esa carrera [19], que han sido elaboradas por destacadas instituciones como la ACM (siglas en inglés de Association for Computing Machinery) y la IEEE Computer Society. Es importante comparar los cursos disponibles en contraste con los contenidos a cubrir en esta carrera, para poder evaluar hasta qué punto la oferta de cursos se corresponde con las temáticas necesarias para la carrera.

El objetivo de este trabajo es analizar, como caso de estudio, la oferta de cursos de Coursera (www.coursera.com), una de las plataformas más importantes que imparten MOOC desde la perspectiva del cubrimiento de los temas de la carrera de Ciencias de la Computación.

Materiales y método

Hay muchas instituciones educativas que ofertan carreras relacionadas con las Ciencias de la Computación. En los últimos 40 años, varias universidades y otras instituciones han realizado estudios y establecido guías generales para el diseño curricular de carreras de Ciencias de la Computación y en otras carreras afines, bajo la conducción de dos organizaciones muy reconocidas como la ACM y la IEEE Computer Society [19].

Para el análisis que se presenta en este trabajo, se ha estudiado la última edición de la propuesta de diseño curricular para la carrera de Ciencias de la Computación [19]. En ella se definen 18 áreas de conocimiento que agrupan los conocimientos importantes para la carrera de Ciencias de la Computación [19]. En este trabajo se han agrupado las 18 áreas de conocimiento en 4 zonas de conocimientos de la manera que se muestra en la tabla 1, para simplificar el análisis. Se incluyen los nombres originales y siglas que aparecen en [19] para las 18 áreas.

Zonas de conocimiento	Áreas de conocimiento de ACM-IEEE
Ingeniería del Software (IS)	HCI - Human-Computer Interaction IM - Information Management SDF - Software Development Fundamentals SE - Software Engineering SP - Social Issues and Professional Practice
Tecnologías de Programación (TP)	AL - Algorithms and Complexity PBD - Platform-based Development PD - Parallel and Distributed Computing PL - Programming Languages
Matemática Aplicada (MA)	CN - Computational Science DS - Discrete Structures GV - Graphics and Visualization IS - Intelligent Systems
Sistemas Computacionales (SC)	AR - Architecture and Organization IAS - Information Assurance and Security NC - Networking and Communications OS - Operating Systems SF - Systems Fundamentals

Tabla 1: Zonas de conocimiento que agrupan las áreas definidas por ACM-IEEE

En la siguiente sección se analizarán los cursos disponibles en la plataforma Coursera desde la perspectiva del cubrimiento de estas 4 zonas de conocimiento. Otro de los aspectos que se analizará es hasta qué punto los cursos logran combinar varias áreas de conocimiento. Este aspecto es muy importante, porque la propuesta curricular de ACM-IEEE deja claro que hay una gran relación entre las distintas áreas, a pesar de que se intente que estas sean cohesionadas y que tengan el menor acoplamiento respecto a las demás. Incluso hay solapamientos con otros temas como son los de matemáticas [19].

En consecuencia, se sugiere que los cursos no se organicen alrededor de las áreas de conocimiento, sino que deben integrar contenidos correspondientes a varias áreas [19].

Solo a manera de ejemplo, entre las zonas de Tecnologías de Programación y de Ingeniería de Software hay solapamientos, debido a que incluso los hay entre dos áreas básicas como son : AL (Algorithms and Complexity) y SDF (Software Development Fundamentals).

En la propuesta de ACM-IEEE también se define la importancia de cada tema dentro de las áreas de conocimiento para lo cual definen un núcleo básico de contenidos que deben estar cubiertos de manera casi total en todas las carreras [19]. La tabla 2 resume esas horas por cada zona.

Zona	Horas del núcleo básico	% del total
IS	105	34%
TP	71	23%
MA	55	18%
SC	77	25%

Tabla 2: Horas del núcleo básico por zona de conocimiento.

Del total de horas (308) del núcleo básico, el valor porcentual que corresponde a cada una de las zonas se muestra en la última columna de la Tabla 2. La propuesta curricular de ACM-IEEE deja claro que se usa a la hora lectiva ("lecture hours") como la unidad de medida por ser reconocida y entendida más universalmente que otras medidas, y la entienden como "el tiempo requerido para presentar el material" en un estilo tradicional, sin incluir los estudios independientes, los laboratorios y las evaluaciones. Esto no quiere decir que ellos fueren a ir hacia una enseñanza presencial ni lo apoyen al usar esta unidad de medida, la cual siempre puede considerarse un valor mínimo necesario para explicar el tema.

La propuesta de ACM-IEEE es una guía que puede dar lugar a diferentes currículos de estudio de una carrera en Ciencias de la Computación.

En la sección de Resultados se mostrará un análisis cuantitativo de los cursos en Coursera partiendo de la perspectiva de la ACM-IEEE. Para hacerlo, se analizó la oferta de cursos en Ciencias de la Computación que estaban disponibles en Junio de 2015. Se analizaron las temáticas en que Coursera clasifica sus cursos y se escogieron las más cercanas al tema de interés que es la Computación. Para los cursos disponibles en estos temas cercanos a la Computación se presentan sus cantidades así como la cantidad de estos en que se mezclan las temáticas definidas por Coursera. Esto se estudia con la intención de valorar si los cursos disponibles cumplen con la sugerencia de ACM-IEEE de combinar los contenidos.

También se clasificará cada uno de los cursos según las 4 zonas de conocimiento asociadas a las áreas de conocimiento de ACM-IEEE, y también se analizará si los cursos combinan varias áreas. Igualmente, se analizará la relación que hay entre las temáticas definidas por Coursera y las zonas de ACM-IEEE.

Los resultados de este análisis permitirán valorar la relación que hay entre la oferta que hoy está disponible en los MOOC de Coursera y las necesidades de cubrir temas que nacen del currículo sugerido por ACM-IEEE.

Resultados

Dentro de las 25 temáticas definidas en Coursera, las 7 que están más vinculadas con las Ciencias de la Computación son las que se muestran en la tabla 3, donde se incluye además la cantidad de cursos disponibles en cada una y la sigla que la identifica. Estas siglas luego se usarán en los análisis posteriores. Se ha considerado útil incluir el término en inglés usado en Coursera para facilitar su localización dentro de los cursos disponibles.

Es importante aclarar que hay muchos cursos que pertenecen a más de una temática. Por esa razón, si se suman los valores de la última columna de la tabla 3 el resultado es 548, pero no es esa la cantidad real de cursos disponibles. Uniendo los cursos que pertenecen a alguna de las categorías anteriores, el total de cursos disponibles es de 347.

Siglas	Temática	Cursos
CSAI	Ciencias de la Computación: Inteligencia Artificial (Computer Science: Artificial Intelligence)	47
CSSE	Ciencias de la Computación: Ingeniería de Software (Computer Science: Software Engineering)	77
CSSS	Ciencias de la Computación: Sistemas y Seguridad (Computer Science: Systems & Security)	44
CST	Ciencias de la Computación: Teoría (Computer Science: Theory)	68
ITD	Información, Tecnologías y Diseño (Information, Tech & Design)	143
SDA	Estadísticas y Análisis de Datos (Statistics and Data Analysis)	85
M	Matemáticas (Mathematics)	84

Tabla 3: Cursos de Coursera relacionados con las Ciencias de la Computación

La tabla 4 complementa la información anterior. En ella se muestra la cantidad de cursos que cubren un solo tema o varios de ellos.

Cantidad de Temas	Cursos	%
1	217	62,5%
2	84	24,2%
3	31	8,9%
4	11	3,2%
5	1	0,3%
6	0	0,0%
7	3	0,9%
	347	

Tabla 4: Distribución de cursos según la cantidad de temáticas que tocan

La tabla 5 muestra la cantidad de cursos en que se mezclan cada uno de los posibles pares de temáticas. Note que la información se muestra en una matriz cuadrada simétrica, donde el valor de cada fila X con columna Y es el mismo de la fila Y con columna X. Por ejemplo, el valor de la fila CSSE con columna SDA es 12, al igual que el de la fila SDA con la columna CSSE. Las últimas tres filas se corresponden con el total de cursos, así como el total de cursos puros (que solo cubren una temática) y mezclados (que cubren más de una temática). Es importante aclarar que el total de cursos mezclados (por ejemplo 28 para CSAI) no se corresponde con la suma de sus mezclas con los demás, porque hay cursos en que se mezclan varios y que por tanto, cuentan en más de una celda.

	CSAI	CSSE	CSSS	CST	ITD	SDA	M	Mezclados	Puros	Total
CSAI		5	4	10	14	13	11	28	19	47
CSSE	5		15	23	33	12	14	52	25	77
CSSS	4	15		7	19	5	3	29	15	44
CST	10	23	7		18	11	23	50	18	68
ITD	14	33	19	18		32	18	77	66	143
SDA	13	12	5	11	32		19	50	35	85
M	11	14	3	23	18	19		43	41	84
								329	219	548

Tabla 5: Cantidades de cursos en que se combinan las temáticas

La tabla 6 muestra la misma información de la tabla 5 de manera porcentual, lo cual permite llegar a analizar otras aristas del tema. Es importante notar que los porcentajes están calculados respecto al total de cursos en cada fila. De esta manera, aunque el valor absoluto de los cursos que mezclan CSSE y SDA es 12 (como se mostró en la Tabla 5), el valor de la celda que está en la fila CSSE y la columna SDA es 16% porque 12 es el 16% de 77 (total de cursos de CSSE). Por su parte, en la fila SDA y la columna CSSE es 14% porque 12 es el 14% de 85 (total de cursos de SDA). Al igual que en la tabla 5, la suma por las filas no se corresponde con el total porque los cursos cuentan a más de una temática.

	CSAI	CSSE	CSSS	CST	ITD	SDA	M	Mezclados	Puros
CSAI		11%	9%	21%	30%	28%	23%	60%	40%
CSSE	6%		19%	30%	43%	16%	18%	68%	32%
CSSS	9%	34%		16%	43%	11%	7%	66%	34%
CST	15%	34%	10%		26%	16%	34%	74%	26%
ITD	10%	23%	13%	13%		22%	13%	54%	46%
SDA	15%	14%	6%	13%	38%		22%	59%	41%
M	13%	17%	4%	27%	21%	23%		51%	49%
							Promedio	61%	39%
							Desviación	8%	8%

Tabla 6: Proporción de cursos en que se combinan las temáticas

Como se dijo, además de ver la relación interna de las temáticas, también se quiere analizar la relación de los cursos con las sugerencias del currículo ACM-IEEE. Se clasificaron los cursos disponibles en Coursera en función de las 4 zonas de conocimientos en que se agruparon las 18 áreas de conocimiento de la ACM-IEEE, a partir de valorar si el curso toca a cada una de esas zonas de conocimiento.

La tabla 7 muestra la cantidad de cursos de cada zona que tocan cada una de las categorías de Coursera. La última columna muestra el total, que como se ha dicho no se corresponde con la suma porque los cursos pueden relacionarse con varias temáticas. Esta tabla 7 muestra la relación entre las 7 temáticas estudiadas y las 4 zonas de conocimiento definidas.

Zona de conocimiento	CSAI	CSSE	CSSS	CST	ITD	SDA	M	Total
Ingeniería del Software (IS)	16	26	11	15	79	47	5	124
Tecnologías de Programación (TP)	4	49	9	30	28	14	9	88
Matemática Aplicada (MA)	38	26	10	34	59	67	67	181
Sistemas Computacionales (SC)	17	22	33	16	58	21	8	103

Tabla 7: Cantidad de cursos que combinan zonas de conocimiento y temáticas

Cabe destacar que hubo 38 cursos cuyo título no parece tener relación directa con ninguna de las zonas mencionadas. Esos cursos pertenecen fundamentalmente a las temáticas de Matemáticas: M (8), ITD (13) y SDA (5). Incluso, dentro de los cursos clasificados como de Ciencias de la Computación (temáticas CSAI, CSSE, CSSS, CST) hay algunos que según su título no es posible clasificarlos en ninguna de las zonas de conocimiento anteriores. En esos cursos, aunque sus contenidos se valgan de aspectos de la computación, el tema particular del curso no era clasificable en ninguna de las 4 zonas anteriores.

Las tablas 8 y 9 muestran los valores de la tabla 7 de manera porcentual. La tabla 8 muestra el porciento de cursos de cada zona que se relaciona con cada temática.

	CSAI	CSSE	CSSS	CST	ITD	SDA	M
IS	13%	21%	9%	12%	64%	38%	4%
TP	5%	56%	10%	34%	32%	16%	10%
MA	21%	14%	6%	19%	33%	37%	37%
SC	17%	21%	32%	16%	56%	20%	8%

Tabla 8: Proporción de intercepciones de las zonas de conocimiento y las temáticas en los cursos según las zonas

Realizando el análisis en la otra dirección se pueden ver otros resultados. La tabla 9 muestra los porcentos que representan los valores absolutos respecto al total de cursos de cada temática.

	CSAI	CSSE	CSSS	CST	ITD	SDA	M
IS	34%	34%	25%	22%	55%	55%	6%
TP	9%	64%	20%	44%	20%	16%	11%
MA	81%	34%	23%	50%	41%	79%	80%
SC	36%	29%	75%	24%	41%	25%	10%

Tabla 9: Proporción de intercepciones de las zonas de conocimiento y las temáticas en los cursos según las temáticas

Discusión de resultados

A partir de los resultados obtenidos, es posible valorar si los cursos disponibles en Coursera cubren bien el currículo propuesto por ACM-IEEE, y hasta qué punto logran mezclar contenidos de diversos temas en los cursos. Los resultados mostrados en la sección anterior muestran que en ambos casos la respuesta es positiva, lo cual se analiza con detalle a continuación.

Lo primero que salta a la vista es la gran disponibilidad de cursos pues existen 347 que son clasificados en temas vinculados con la computación. De ellos, la tabla 4 permite concluir que hay 217 cursos que son puros en el sentido de que cubren una sola temática. Sin embargo, es notable que los 230 cursos restantes mezclen varias de estas temáticas, con destaque para los 12 cursos que mezclan 4 o 5 temáticas y los 3 cursos que mezclan las 7 temáticas consideradas.

Esta tendencia a combinar contenidos de diversas temáticas demuestra la gran relación multidisciplinaria e interdisciplinaria que hay entre los cursos, lo cual está en línea con lo sugerido por la ACM-IEEE.

Vale destacar que en el caso de los 3 cursos que mezclan las 7 temáticas tienen un perfil muy genérico como puede verse en sus títulos, los cuales tienen una pertenencia dudosa a la Ciencia de la Computación en particular, aunque sin dudas pueden ser útiles para un estudiante de cualquier carrera.

Ellos son los siguientes:

- Creativity, Innovation, and Change (The Pennsylvania State University)
- Enhance Your Career and Employability Skills (University of London)
- Psychology of Popularity (The University of North Carolina at Chapel Hill)

En el caso de los cursos que mezclan 4 o 5 temáticas puede destacarse que en sus temas se centran en Bioinformática (University of California, San Diego y Icahn School of Medicine at Mount Sinai), de Ciencia de Datos y "BigData" de (University of Washington, y Icahn School of Medicine at Mount Sinai), un curso de Álgebra Computacional (Brown University) así como uno de Aprender a aprender (University of California, San Diego).

Continuando el análisis de la tendencia a mezclarse temáticas, la última fila de la tabla 5 muestra que en todas las temáticas se observa la tendencia a la mezcla. Esto es especialmente notable en el tema ITD (143), aunque también hay más de 65 cursos de CSSE, CST, SDA y M. Mirando la tabla 6, se puede hacer un análisis de la mezcla en cuanto a proporciones en lugar de en valor absoluto. Se puede observar que los cursos puros son aproximadamente el 40% en cada temática y en ninguna llegan al 50%. Es destacable que en CSSE, CSSS y en CST el porcentaje de cursos mezclados es alrededor del 70%.

También se observa que la tendencia en las temáticas es a mezclarse con ITD y con CSSE. Por otra parte, las mezclas con CSAI y CSSS son las menos comunes también debido a que son estas las temáticas menos abundantes. Es destacable que la temática CSSE tiende mucho a mezclarse logrando incluso proporciones mayores que SDA y M que tienen mayor abundancia de cursos. Esto puede deberse a que CSSE es una temática integradora dentro de la Computación por lo que tiende a mezclarse de una manera más fácil.

Hasta aquí puede verse que hay una gran cantidad de cursos en las diversas temáticas de la Computación, y que se observa una tendencia notable a mezclar temas en los cursos que se ofertan.

En cuanto al cubrimiento de las distintas áreas del conocimiento, se observa en la tabla 7 las grandes cantidades de cursos en cada una de las zonas (todos con totales por arriba de 80 cursos).

Si se compara la cantidad total de cursos de cada zona (tabla 7) con la cantidad de horas del currículo de ACM-IEEE (tabla 2) se puede observar que los valores están bastante correlacionados, si se excluyen los valores asociados a MA (Matemática Aplicada). En MA la cantidad de cursos excede por mucho la cantidad de horas, pero debe tenerse en cuenta que se incluyen muchos cursos de estadística y matemáticas que son tan útiles para la Ciencia de la Computación como para otras carreras. Los valores de MA hacen que la correlación de la serie de los 4 pares de valores de ambas tablas sea incluso negativa. Sin embargo, si se obvian los valores de MA, las otras 3 parejas de datos para las otras zonas están muy correlacionadas con un coeficiente de correlación del 0,97.

En cuanto a la relación entre las temáticas de la clasificación de Coursera y las 4 zonas de conocimiento, las tablas 7, 8 y 9 muestran algunos resultados esperables, como es el alto número de cursos de SDA y M vinculados con MA, o los que relacionan ITS e IS.

Es muy notable que el 64% de los cursos clasificados como IS pertenezcan a la temática ITD, aunque es curioso que haya un 38% que pertenecen a SDA. Esto puede deberse a que en la zona de IS incluye al área de conocimiento IM (Information Management) que incluye aspectos relacionados con la gestión del conocimiento y la minería de datos.

Era también esperable el 56% de los cursos de TP que se incluyen en CSSE. Sin embargo, es curioso que la relación entre SC y CSSS se dé solo en un 32% de los cursos, lo cual puede mostrar una tendencia a cubrir poco la temática de la Seguridad ya que la temática CSSS solo la tocan 44 cursos.

Se puede ver que alrededor de un 80% de los cursos de CSAI, SDA y M están vinculados con la zona de conocimiento MA, así con el 75% de los cursos de CSSS relacionados con SC. En el sentido contrario, se nota la baja relación con matemáticas (M) de los cursos de IS, TP y SC, así como la baja relación entre CSAI y TP.

Uniando todos los resultados discutidos antes, se puede afirmar que hay un buen cubrimiento de las áreas del conocimiento sugeridas por ACM-IEEE en la propuesta educativa de Coursera. También se pudo constatar que desde la perspectiva de estas áreas y zonas de conocimiento se siguen observando los solapamientos aconsejados como parte de las sugerencias de diseño curricular de la ACM.

Conclusiones

En este trabajo se ha analizado la oferta de cursos en Ciencias de la Computación que hoy ofrece la plataforma Coursera y se ha constatado que existe un buen cubrimiento de las distintas áreas de conocimiento definidas en el currículo de estudio sugerido por ACM-IEEE.

También se ha podido ver que existe una alta interrelación entre las distintas temáticas según la clasificación usada en Coursera. También se pudo ver que hay una gran interrelación de cada una de las temáticas de Coursera con las áreas de conocimiento de la propuesta de diseño curricular para Ciencias de la Computación.

Referencias Bibliográficas

- 1- Liyanagunawardena TR, Adams AA, Williams SA. MOOCs: A Systematic Study of the Published Literature 2008-2012. *The International Review of Research in Open and Distance Learning*. 2013;14(3):202-27.
- 2- Amo D. MOOCs: Experimental Approaches for Quality in Pedagogical and Design Fundamentals. *International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality, TEEM '13*; November 14-15, 2013; Salamanca: ACM; 2013. p. 219-23.
- 3- Egerstedt M. Controls for the Masses. *IEEE Control Systems Magazine*. 2013;August(-):40-4.
- 4- Sahami M, Martin FG, Guzdial M, Parlante N. The Revolution Will Be Televised: Perspectives on Massive Open Online Education. *SIGCSE'13*; March 6-9, 2013; Denver, Colorado: ACM; 2013. p. 457-8.
- 5- Ben-Ari MM. MOOCs on Introductory Programming: A Travelogue. *ACM Inroads*. 2013; 4(2):58-61.
- 6- Piccioni M, Estler C, Meyer B. SPOC-supported Introduction to Programming. *ITiCSE'14*; June 21-25, 2014; Uppsala: ACM; 2014.
- 7- Pieterse V. Automated Assessment of Programming Assignments. *CSERC '13*; 4-5 April 2013; Arnhem, The Netherlands: ACM; 2013.
- 8- Nguyen A, Piech C, Huang J, Guibas L. Codewebs: Scalable Homework Search for Massive Open Online Programming Courses. *WWW'14*; April 7-11, 2014; Seoul: ACM; 2014.
- 9- Vihavainen A, Luukkainen M, Kurhila J. Multi-faceted Support for MOOC in Programming. *SIGITE'12*; October 11-13, 2012; Calgary, Alberta: ACM; 2012. p. 171-6.
- 10- Vihavainen A, Luukkainen M, Kurhila J. MOOC as Semester-long Entrance Exam. *SIGITE'13*; October 10-12, 2013; Orlando, Florida: ACM; 2013. p. 177-82.
- 11- Severance C. MOOCs: An Insider's View. *Computer: Computing Education*. 2013; October 2013(1):93-6.
- 12- Morris LV. MOOCs, Emerging Technologies, and Quality. *Innov High Educ*. 2013; 38:251-2.
- 13- Schmidt DC, McCormick Z. Producing and Delivering a MOOC on Pattern-Oriented Software Architecture for Concurrent and Networked Software. *SPLASH '13*; October 26-31, 2013; Indianapolis, Indiana: ACM; 2013. p. 167-76.

- 14- Billingsley W, Steel JRH. Towards a Supercollaborative Software Engineering MOOC. ICSE Companion'14; May 31 – June 7, 2014; Hyderabad: ACM; 2014. p. 283-6.
- 15- Cerf VG. Running AMOOC. IEEE Computer Society, IEEE. 2013; May/June:87-8.
- 16- Jordan M. E. A review of Melanie Mitchell's MOOC "Introduction to Complexity". Complicity: An International Journal of Complexity and Education. 2014; 11(2):108-20.
- 17- Hentenryck PV, Coffrin C. Teaching Creative Problem Solving in a MOOC. SIGCSE'14; March 3–8, 2014; Atlanta, GA: ACM; 2014. p. 677-82.
- 18- Willems C, Jasper J, Meinel C. Introducing Hands-On Experience to a Massive Open Online Course on open HPI. 2013 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE); 26-29 August 2013; Bali Dynasty Resort, Kuta: IEEE; 2013. p. 307-13.
- 19- Sahami M, Danyluk A, Fincher S, Fisher K, Grossman D, Hawthorne E, et al. Computer Science Curricula 2013: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science: Association for Computing Machinery (ACM)-IEEE Computer Society; 2013 December 20, 2013.

Autores:

Rolando Aguilar

Máster en Administración de Proyectos, Académico, Programa UNA Virtual-Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, Costa Rica.

Alejandro Rosete

Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Titular, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, CUJAE, La Habana, Cuba.