

# Visualización del diseño competencial de un plan de estudios

Laia Blasco-Soplón

Estudios de Informática,  
Multimedia y Telecomunicación  
Universitat Oberta de Catalunya  
Barcelona  
lblascos@uoc.edu

Julià Minguillón

Estudios de Informática,  
Multimedia y Telecomunicación  
Universitat Oberta de Catalunya  
Barcelona  
jminguillona@uoc.edu

Javier Melenchón  
Maldonado

Estudios de Informática,  
Multimedia y Telecomunicación  
Universitat Oberta de Catalunya  
Barcelona  
jmelenchonm@uoc.edu

## Resumen

En este artículo se propone una manera nueva de visualizar el plan de estudios que pone especial atención a las relaciones entre asignaturas y competencias, usando como ejemplo el Grado en Ingeniería Informática y el Grado en Multimedia de la UOC (Universitat Oberta de Catalunya). La visualización propuesta sitúa las asignaturas del grado más cerca o más lejos las unas de las otras en función de las competencias que comparten. Asimismo, el gráfico también muestra distintos grupos formados por las asignaturas con más competencias en común.

## Abstract

This paper proposes a novel visualization of an academic degree curriculum that pays special attention to the relationships between subjects and competences. We have applied this visualization to the Computer Engineering and the Multimedia degrees at the UOC (Universitat Oberta de Catalunya). The proposed visualization places the subjects of the degree closer or further away from each other depending on their shared and non-shared competences. Furthermore, the graph also shows different clusters formed by subjects with more competences in common.

## Palabras clave

Diseño, currículo, competencias, visualización, EEES

## 1. Motivación

La implantación del nuevo Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) ha impulsado a las universidades a pasar de unas titulaciones basadas en los contenidos a otras en las que las actividades son el eje principal. De este modo, las competencias que los estudiantes desarrollan a lo largo de la titulación me-

dante la realización de las actividades se han convertido en el foco de la acción formativa. A su vez, se ha hecho más importante promover el reconocimiento formal de las habilidades, los conocimientos y las competencias adquiridas a través de la experiencia laboral, la formación informal y la experiencia vital, para incluir en la formación universitaria la formación previa del estudiante en todas sus variantes. Así pues, después de la Declaración de Bolonia [1], el aprendizaje permanente se ha convertido en un objetivo claro, y con él el diseñar los itinerarios formativos personalizados desde un enfoque basado en competencias.

Los planes de estudios de las titulaciones académicas se suelen presentar de forma textual o mediante tablas. Ambos son recursos con los que habitualmente se describen las características de las asignaturas que vehiculan el currículo. Estos recursos son útiles para explicar el plan de estudios en parte, pero tienen limitaciones por lo que respecta a la visualización de las relaciones que existen entre las distintas asignaturas, entre las competencias trabajadas, los resultados de aprendizaje o las actividades realizadas. Competencias y asignaturas están totalmente entrelazadas pero, debido a la presentación de la información y a la naturaleza de los procesos de inscripción, los estudiantes suelen tomar sus decisiones pensando en las asignaturas que van a cursar, sin tener una visión de las competencias que van a adquirir.

En este trabajo planteamos una forma nueva de presentar el plan de estudios de una titulación académica, prestando especial atención a las conexiones entre sus distintas asignaturas y sus competencias, mostrando así el plan de estudios de manera más visual. La formación de imágenes mentales es una condición indispensable en el pensamiento humano, ya que éstas dan sentido y organizan información nueva, al tiempo que proporcionan modos de razonamiento y ayudan a la toma de decisiones [6]. La percepción visual es lo que permite disponer de una verdadera comprensión de la experiencia, teniendo en cuenta la

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 Fundamentos de programación																	1			
2 Prácticas de programación																	1			
3 Álgebra										1	1									
4 Análisis matemático										1	1									
5 Fundamentos físicos de la informática										1	1									
6 Trabajo en equipo de la red	1	1		1																
7 Fundamentos de computadores													1							
8 Administración y gestión de organizaciones								1		1										
9 Estadística											1	1								
10 Lógica											1	1								
11 Competencia comunicativa para profesionales de las TIC	1																			
12 Idioma moderno I: Inglés I			1																	
13 Idioma moderno II: Inglés II			1																	
14 Diseño y programación orientada a objetos																	1			
15 Ingeniería del software																		1	1	
16 Sistemas operativos													1	1		1	1			1
17 Uso de base de datos																				1
18 Grafos y complejidad											1	1								1
19 Gestión de proyectos	1					1	1		1	1										
20 Redes y aplicaciones Internet														1	1	1				
21 Estructura de computadores													1	1	1					
22 Inteligencia artificial												1								1
23 Administración de redes y sistemas operativos													1	1		1				1
24 Interacción persona ordenador						1											1	1		
25 Diseño de bases de datos																				1

Figura 1: Tabla de asignaturas (filas) y competencias (columnas) del Grado en Ingeniería Informática.

forma y el contenido como algo inseparable [3]. La visualización de información es un campo en crecimiento, con mucho recorrido de futuro en el contexto de la enseñanza en general [2], y en el campo del diseño del currículo en concreto, ya que puede dar respuesta a la necesidad, y a la vez gran reto, de crear imágenes mentales que ayuden a analizar, comprender y tomar decisiones en los procesos de diseño y desarrollo del currículo.

Algunos trabajos como los de Siirtola et al [14], Kabicher et al [9], Morsi et al [10], Rollande et al [11], o Zucker et al [16], exploran la visualización del currículo a través de nodos que relacionan las distintas asignaturas y prueban su utilidad para estudiantes y profesores. Nuestra propuesta, todavía en fase exploratoria, quiere singularizarse por ser de utilidad a estudiantes, profesores y personal de gestión al mismo tiempo, estar construida con herramientas de código abierto y utilizar las competencias como una de las principales fuentes de información.

Asimismo, esta investigación quiere contribuir a una construcción dialógica/dialéctica del currículo [7], con una herramienta que ofrece la posibilidad de compartir una visión integrada del plan de estudios y fomente la auto-reflexión sobre el proceso de diseño del currículo, así como sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Este artículo se estructura de la siguiente manera: La sección 2 describe el contexto de la educación superior online, en el cual se lleva a cabo esta investigación. En la Sección 3 se desarrolla el proceso de la visualización. La Sección 4 explica los resultados de la visualización y la Sección 5 sugiere algunos puntos

de discusión. Finalmente, la Sección 6 presenta las conclusiones y el trabajo futuro.

## 2. La educación superior online

El contexto conocido como e-learning requiere de más herramientas que las que requiere el contexto del aula presencial, con el fin de llevar a cabo los mismos procesos de enseñanza-aprendizaje. Dado que en la comunicación virtual la interacción no es ni cara a cara ni sincrónica, es necesario contar con apoyos adicionales, y el plan de estudios puede ser considerado una de estas herramientas de apoyo. Por un lado, contiene la información a partir de la que los estudiantes empiezan a saber de qué trata el grado que les interesa y, por otro lado, es la guía que posibilita la coordinación entre los profesores y también con el personal de gestión. Por ello, el plan de estudios es una herramienta importante de comunicación que debe seguir evolucionando [13].

La visualización propuesta se ha aplicado a dos titulaciones de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC) [13]. La UOC es una universidad completamente online, que actualmente ofrece 15 titulaciones oficiales, 18 masters oficiales, varios programas de postgrado y 3 programas de doctorado, con más de 50.000 estudiantes y más de 4.000 trabajadores, incluidos los planificadores instruccionales, profesores, tutores, personal académico y técnico, etc. [15]. El campus virtual de la UOC es un entorno de e-learning que permite a los usuarios comunicarse los unos con los otros utilizando un sistema integrado que incluye una agenda, aulas y laboratorios virtuales, una biblioteca digital y otras herramientas para el e-learning. La

UOC tiene un modelo pedagógico centrado en el estudiante y basado en la actividad que asegura un proceso de aprendizaje guiado a través de la utilización de recursos de aprendizaje diseñados por un equipo de expertos en tecnología educativa y que acompaña al estudiante mediante el trato directo con tutores y profesores a lo largo de su recorrido.

### 3. El proceso de la visualización

La contribución principal de la visualización propuesta es mostrar la relación entre las asignaturas de un grado a través de una visualización en forma de red o grafo que las posiciona en base a las competencias que comparten. Por lo tanto, las asignaturas con más competencias en común están más cerca entre sí que otras asignaturas con un menor número de competencias comunes, y las asignaturas sin ninguna competencia compartida no tienen ninguna vinculación. El gráfico también muestra distintos grupos de asignaturas formados por aquellas que tienen más competencias en común y forman regiones o clústeres.

#### 3.1. Recogida de datos

El proceso empieza con la recogida de datos del currículo del Grado en Ingeniería Informática, un grado del Espacio Europeo de Educación Superior, compuesto por 240 ECTS que trabaja 20 competencias organizadas en 57 asignaturas. Se parte de una hoja de cálculo con una tabla que expresa las competencias (columnas) que comparten las asignaturas (filas).

La tabla de la Fig. 1 define un grafo bipartido entre asignaturas y competencias. En cada asignatura se pueden desarrollar una o más competencias, mientras que cada competencia se puede desarrollar a través de una o más asignaturas. En esta primera etapa del análisis, no se ha tenido en cuenta cómo se adquieren y/o desarrollan estas competencias y en qué medida o nivel lo hacen, sino en establecer relaciones binarias entre asignaturas y competencias. Aunque se podría transponer filas y columnas y realizar un análisis dual, este trabajo se enfoca en agrupar las asignaturas de acuerdo con las competencias que desarrollan.

#### 3.2. Cálculo de distancias

El siguiente paso del análisis es establecer una función de distancia entre las asignaturas, en función de las competencias que comparten. Debido a la naturaleza de competencias y asignaturas (no hay asignaturas que desarrollen todas las competencias, y no hay competencias desarrolladas en todas las asignaturas) usamos las siguientes premisas:

- Cuantas más competencias comparten dos asignaturas, más cerca están. Sea NCC el número de competencias compartidas entre dos asignaturas.

- Cuantas más competencias son distintas entre una asignatura y otra, más lejos están. Sea NCD el número de competencias distintas entre dos asignaturas, donde NCD1 y NCD2 es el número de competencias desarrolladas en la asignatura 1 y no desarrolladas en la asignatura 2 y viceversa, respectivamente.
- Las competencias que no se desarrollan ni en una asignatura ni en otra no se han tenido en cuenta a la hora de compararlas.

Con todo ello, seleccionamos como función de la distancia entre dos asignaturas, una medida de similitud [8] basada en estos tres términos: NCC, NCD1 y NCD2, y analizamos las características de las siguientes medidas de similitud:

- Jaccard:  $NCC / (NCC + NCD1 + NCD2)$
- Dice:  $NCC / (2 * NCC + NCD1 + NCD2)$
- Kulzinsky:  $NCC / (NCD1 + NCD2)$
- Sokal-Sneath-e:  $0.5 * NCC * (1 / (NCC + NCD1) + 1 / (NCC + NCD2))$
- Ochiai:  $NCC / \sqrt{(NCC + NCD1) * (NCC + NCD2)}$

Estas medidas de similitud crecen con NCC y disminuyen con NCD1 y NCD2. Excepto para la medida Kulzinsky, todas las funciones están en el rango [0, 1]. Dado que el objetivo es agrupar las asignaturas en función de las competencias que comparten, teniendo en cuenta también las no coincidentes pero sin tener en cuenta las que no son desarrolladas en ninguna asignatura, para este experimento se opta por el índice de Jaccard, aunque otras opciones como Dice podrían haberse considerado igualmente.

Cabe destacar que estas medidas son simétricas, lo cual significa que  $d(A1, A2) = d(A2, A1)$ . Por lo tanto, podemos construir una matriz simétrica (sólo la parte inferior diagonal) calculando  $d(A1, A2)$  para todas las parejas de asignaturas  $A1 < A2$ , entendiendo que hay un cierto orden implícito entre las asignaturas. Por otra parte,  $d(A, A)$  es, por definición, cero. Se utiliza esta matriz como una matriz de pesos para el grafo, que contiene todas las combinaciones entre asignaturas con al menos una competencia en común, es decir,  $d(A1, A2) > 0$ .

#### 3.3. Visualización del grafo

Seguidamente, se pasa a dibujar el gráfico utilizando Gephi [4], una herramienta de código abierto para la visualización y exploración interactiva de redes y sistemas complejos. Se contempla el plan de estudios como una red, porque se considera que es un sistema de interconexiones. En este escenario, las asignaturas

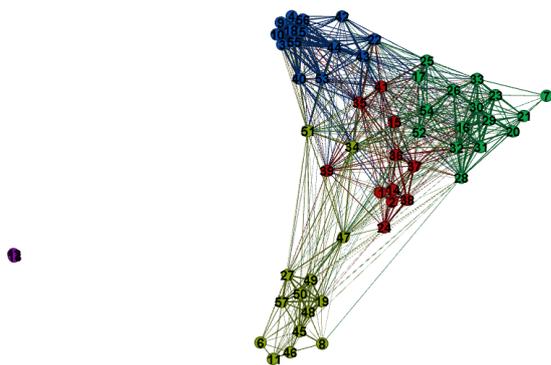


Figura 2: Grafo del Grado en Ingeniería Informática

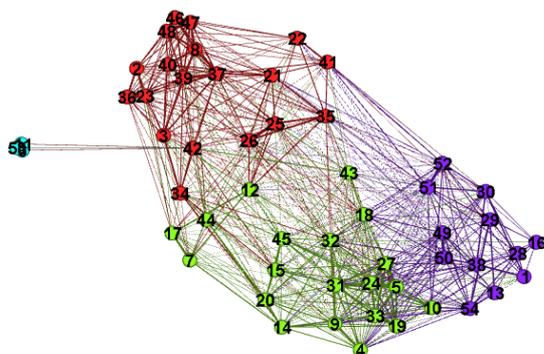


Figura 3: Grafo del Grado en Multimedia

son nodos y los vínculos entre ellas son enlaces. El gráfico es no dirigido, porque los enlaces no tienen una orientación (la relación "compartir una competencia" es simétrica).

A continuación se calcula la modularidad del grafo, una medida de la estructura de las redes diseñada para medir la fuerza de la división de una red en módulos (también llamados grupos o comunidades). El cálculo de la modularidad permite hacer una partición por dicho criterio y obtener diferentes grupos, que son representados con distintos colores.

Finalmente, para el posicionamiento de los nodos se aplica la distribución Force Atlas 2, ya que es la que permite distinguir mejor las asignaturas manteniendo la visión general de la estructura [5].

Se obtiene un grafo (Fig. 2) con 5 grupos pintados de colores azul, rojo, verde claro, verde oscuro y violeta. La visualización original separa los clusters por colores, pero para mejorar su identificación se han rodeado los distintos grupos para que se puedan distinguir (Fig. 4).

Para contar con otro ejemplo, seguimos el mismo proceso con el plan de estudios del Grado en Multi-

media, otro grado del Espacio Europeo de Educación Superior, compuesto por 240 ECTS que trabaja 23 competencias organizadas en 54 asignaturas.

En este caso, se obtiene un grafo (Fig. 3) con 4 grupos pintados de colores violeta, azul, rojo y verde, igualmente rodeados (Fig. 5).

## 4. Resultados

A partir de los grafos de cada titulación, en los que se pueden diferenciar distintos grupos de asignaturas, un profesor de cada grado analizó la visualización propuesta, nombrando cada agrupación de asignaturas pintadas del mismo color con una palabra clave que representara la temática común entre las asignaturas que componen cada grupo.

En el caso del Grado en Ingeniería Informática, los 5 grupos se denominaron como sigue:

- Grupo A (verde claro): Sistemas de información.
- Grupo B (rojo): Lenguajes de programación y compiladores.
- Grupo C (verde oscuro): Hardware y arquitectura de sistemas.
- Grupo D (azul): Fundamentos de la ciencia de la computación.
- Grupo E (violeta): Inglés.

En la Fig. 4, podemos observar que la asignatura 6 (Trabajo en equipo en red) se sitúa en uno de los extremos exteriores del grupo A "Sistemas de información" (verde claro), mientras que la asignatura 38 (Ingeniería del software de componentes y sistemas distribuidos) se sitúa en uno de los extremos exteriores del grupo B "Lenguajes de programación y compiladores" (rojo), la 21 (Estructura de computadores) se sitúa en uno de los extremos exteriores del grupo C "Hardware y arquitectura de sistemas" (verde oscuro), y la 10 (Lógica) se sitúa en uno de los extremos exteriores del grupo D "Fundamentos de la ciencia de la computación" (azul). Las dos asignaturas de Inglés (12, 13), se encuentran aisladas en el mismo grupo E "Inglés" (violeta) y no muestran ninguna relación con los otros grupos de asignaturas. Asignaturas como la 34 (Arquitecturas avanzadas de computación), 39 (Proyectos de desarrollo de software), 41 (Compiladores) o 15 (Ingeniería del software) se sitúan en el centro del gráfico, ya que son fundamentales para los cuatro grandes grupos del grado (Sistemas de información, Lenguajes de programación y compiladores, Hardware y arquitectura de sistemas y Fundamentos de la ciencia de la computación). Por lo tanto, la visualización permite hacerse una idea de la importancia relativa de cada asignatura por lo que respecta al desarrollo competencial que aporta dentro del plan de estudios.

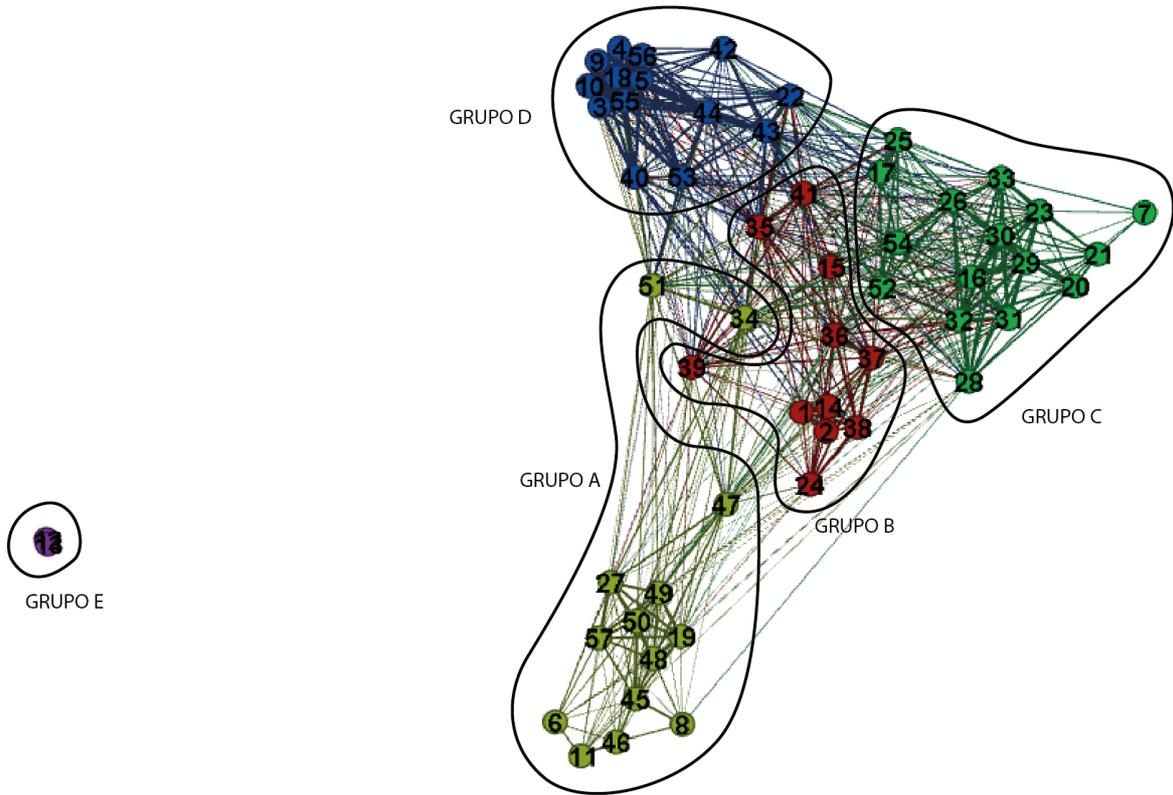


Figura 4: Grafo del Grado en Ingeniería Informática con los grupos rodeados

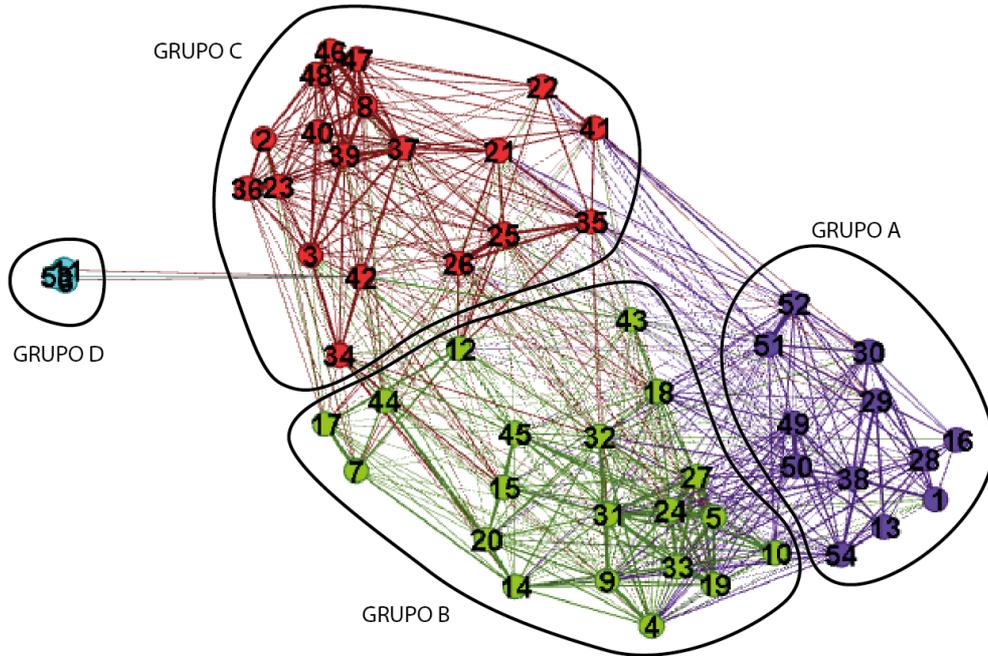


Figura 5: Grafo del Grado en Multimedia con los grupos rodeados

En el caso del Grado en Multimedia, los 4 grupos se denominaron de la siguiente manera:

- Grupo A (violeta): Gestión.
- Grupo B (verde): Diseño.
- Grupo C (rojo): Tecnología.
- Grupo D (azul): Inglés.

Análogamente, en la Fig. 5, se puede observar que la asignatura 30 (Metodología y desarrollo de proyectos en red) se sitúa en uno de los extremos exteriores del grupo A “Gestión” (violeta), mientras que la 4 (Diseño Gráfico) se sitúa en uno de los extremos exteriores del grupo B “Diseño” (verde), y la 46 (Ingeniería de software) se sitúa en uno de los extremos exteriores del grupo C “Tecnología” (rojo). Las tres asignaturas de Inglés (6, 11, 53) están aisladas en un solo grupo D “Inglés” (azul) y muestran poca relación con los otros grupos de asignaturas. Asignaturas como la 43 (Usabilidad), la 35 (Plataformas de publicación y distribución) o la 45 (Diseño de interacción) se sitúan en el centro del gráfico, ya que reúnen contenidos de los tres grandes grupos del grado (Gestión, Diseño y Tecnología).

## 5. Discusión

La visualización propuesta pretende ser útil a tres de los agentes implicados en el proceso de enseñanza-aprendizaje: estudiantes, profesores y personal de gestión. La visualización de las relaciones entre las diferentes asignaturas ayuda a situar al estudiante proporcionándole un mapa general del grado; también ayuda a situar a los profesores que imparten asignaturas a relacionarlas con otras y con otros profesores; y finalmente, también le ofrece al personal de gestión (tanto al director de estudios como al personal técnico), un panorama general del grado que puede ayudar a obtener una mejor comprensión de la estructura de la titulación, teniendo en cuenta su diseño competencial.

Además, esta propuesta puede ser utilizada como herramienta para el análisis de la implementación basada en competencias de un grado ya en desarrollo. La forma del gráfico o las asignaturas que conforman las distintas agrupaciones pueden llegar a ser evidencias de su diseño competencial, el estilo del diseño y desarrollo curricular, su distribución de competencias y los atributos de las asignaturas [12].

Asimismo, una de las principales aplicaciones de la visualización propuesta es tomar instantáneas de una titulación durante su proceso de diseño curricular. Este grafo puede ayudar a profesores y personal de gestión en la toma de decisiones estratégicas durante el proceso de diseño de un grado, proporcionándoles

un punto de vista nuevo de la titulación que la contemple de una manera integral.

De igual modo, esta visualización puede ser la base sobre la que desarrollar una propuesta de diseño gráfico más complejo que muestre el plan de estudios a través de un mapa visual útil y navegable. Tiene el potencial de convertirse en una interfaz interactiva en la que se plasmen los recorridos de los estudiantes, reflejando la evolución del grado con el paso del tiempo, incorporando los datos provenientes de la matrícula y el rendimiento académico de los estudiantes.

## 6. Conclusiones y trabajo futuro

En conclusión, la propuesta de visualización de los planes de estudios del Grado en Ingeniería Informática y del Grado en Multimedia de la UOC sitúa las asignaturas en un espacio visual, colocándolas más cerca o más lejos en función de sus competencias en común. Esta visualización también distingue diferentes grupos de asignaturas afines en función de sus competencias compartidas. La propuesta tiene como objetivo ayudar a ubicar a los estudiantes, profesores y personal de gestión las asignaturas en un mapa general del grado. Además, también puede funcionar como una técnica para el análisis de la implementación basada en competencias de un grado ya en desarrollo y a su vez como una herramienta para tomar instantáneas de un grado durante su proceso de evaluación.

A partir de este punto, se abren cuatro líneas de investigación: por un lado, se están recopilando los requisitos de los usuarios (estudiantes, profesores y personal de gestión) acerca de la utilidad de la visualización propuesta, con el fin de construir la herramienta de forma participativa; por otro lado, se están analizando otros grado con ésta y con otras herramientas de visualización de redes, para afinar los parámetros que definen el grafo obtenido; también se está aplicando esta visualización a planes de estudios en proceso de diseño con el objetivo de probar su utilidad durante la construcción de un grado; y, finalmente, se plantea mejorar el diseño visual y proporcionar interactividad a la interfaz de usuario, conectándola con datos reales para poder mostrar las trayectorias de los estudiantes a lo largo de los semestres y su desarrollo competencial.

## Referencias

- [1] Ade, J. et al. The Bologna Declaration. 1999
- [2] Aguilar, D.A.G., Guerrero, C.S., Sanchez, R.T., Peñalvo, F.G., Visual Analytics to Support E-learning” *Advances in Learning Processes*, Mary Beth Rosson (Ed.) 2010

- [3] Arnheim, R. Visual Thinking. *Berkeley: University of California Press*. 1st edition. 2004
- [4] Bastian, M; Heymann, S; Jacomy, M. Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. *ICWSM 8*. 361-362. 2009
- [5] Cherven, K. Network Graph Analysis and Visualization with Gephi. *Packt Publishing Ltd*. 2013
- [6] Damasio, A. Descartes' Error: Emotion, Reason and the Human Brain. *New York, Avon*. 1st edition. 1994
- [7] Freire, P., Pates, S., Barreiro, J. La educación como práctica de la libertad. *Siglo XXI*. 1980
- [8] Gan, G., Ma, C., Wu, J. Data Clustering: Theory, Algorithms and Applications. *ASA-SIAM Series on Statistics and Applied Probability, SIAM, Philadelphia, ASA, Alexandria, VA*. 2007
- [9] Kabicher, S., and Motschnig-Pitrik, R. Coordinating Curriculum Implementation Using Wiki-supported Graph Visualization. En *9° IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, p. 742-743. 2009
- [10] Morsi, R., Ibrahim, W., Williams, F. Concept Maps: Development and Validation of Engineering Curricula. En *37th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference Proceedings*, p. 18-23. 2007
- [11] Rollande, R., Grundspenkis, J. Graph based framework and its implemented prototype for personalized study planning. En *2013 Second International Conference one-Learning and e-Technologies in Education (ICEEE), Proceedings*, p. 137-142. 2013
- [12] Sánchez, F; García, J; Díaz, M.A; Riesco, M; Pérez, J.R; Juan, A.A. Estrategia de diseño y aspectos a considerar en los planes de EEESTudios de Grado en Ingeniería Informática. *ReVisión*, Vol.1, Núm.1, p. 6-24. 2008
- [13] Sangrà, A. A new learning model for the information and knowledge society: The case of the Universitat Oberta de Catalunya (UOC), Spain. *International Review of Research In Open And Distance Learning*, 2(2). Retrieved from <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/55>. 2002
- [14] Siirtola, H., Räihä, K., Surakka, V. Interactive Curriculum Visualization. En *17° International Conference on Information Visualisation Proceedings*, p. 108-117. 2013
- [15] Universitat Oberta de Catalunya. Conoce la UOC, hechos y cifras. En *la web de la UOC (online)* [consultado en Enero de 2015] <http://www.uoc.edu/portal/es/universitat/co-neix/fets-xifres/index.html>
- [16] Zucker, R. ViCurriAS: a curriculum visualization tool for Faculty, advisors, and students. En *2009 Consortium for Computing Sciences in Colleges: Southeastern Conference – Proceedings*, p. 138-145. 2009