

# La relevancia de los documentos en Google: Una actividad común de las asignaturas Programación y Computación Numérica

Assumpció Casanova, Juan Garayoa, Francisco Marqués, Vicente Vidal

Escuela Técnica Superior de Informática Aplicada

Dpto. de Sistemas Informáticos y Computación

Universidad Politécnica de Valencia

Camino de Vera s/n, 46022 Valencia

{casanova, jgarayoa, pmarques, vvidal}@dsic.upv.es

## Resumen

En este artículo se presenta una experiencia docente llevada a cabo por un grupo de profesores de las asignaturas de Programación (PRG) y Computación Numérica (CNU) del primer curso de la Escuela Técnica Superior de Informática Aplicada (ETSIAp), de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV).

La experiencia tenía como objetivo intentar hacer ver a los alumnos la relación entre asignaturas distintas, para evidenciar que las mismas no son necesariamente compartimentos estancos. Para ello se les planteó un problema en el que tenían que utilizar herramientas de ambas asignaturas, en concreto herramientas de programación en Java y algoritmos matriciales de computación numérica.

El problema escogido fue el cálculo de la relevancia o importancia de los documentos en la web, de acuerdo con el criterio que usa el buscador Google para presentar los resultados de una búsqueda. Este problema permitía trabajar aspectos significativos de ambas materias, al mismo tiempo que se consideraba de interés para el alumno, dada la actualidad de dicho buscador.

Para resolver el problema era imprescindible la colaboración entre distintos equipos que resolviesen cada una de las partes del mismo. De ahí la necesidad de definir unos requisitos para cada parte del trabajo y para realizar la tarea en equipo.

Aunque se reconoce que es materialmente imposible que todos los alumnos de los grupos implicados participen de la experiencia, sí que se juzga muy interesante la exposición del problema al conjunto de toda la clase y el planteamiento de los algoritmos necesarios para resolverlo.

## 1. Descripción de las asignaturas

La asignatura PRG es de primer curso troncal, en las titulaciones de ITIG/ITIS. Tiene 12 créditos y duración anual. Sus objetivos consisten en que el alumno sea capaz de diseñar, analizar, implementar, y validar soluciones algorítmicas eficientes para problemas específicos en el ámbito de la programación a pequeña escala.

Más concretamente, se pretende que el alumno sea capaz de resolver problemas sencillos (numéricos básicos, recorrido y búsqueda, ordenación,...) en un modelo imperativo, mediante iteración y recursión. Adicionalmente, el alumno debe saber usar arrays y definir y manipular clases de objetos, a nivel básico. Por último, se espera que el alumno sea capaz de analizar y medir el tiempo de ejecución de los algoritmos que diseña. El lenguaje de programación utilizado es Java.

La asignatura tiene su continuación, en segundo curso, en las asignaturas Estructuras de Datos y Algoritmos, y Metodología y Tecnología de la Programación, en donde se introducen las características más relevantes de la orientación a objetos, como la herencia, así como el diseño de la arquitectura de programas.

La asignatura CNU es de primer curso troncal, en las titulaciones de ITIG/ITIS. Tiene 4,5 créditos y se imparte en el segundo cuatrimestre.

El objetivo general de la asignatura es que el alumno conozca los métodos numéricos básicos que se utilizan habitualmente en la resolución de problemas científicos y de ingeniería, y sea capaz de entender, describir, analizar y programar eficientemente dichos métodos. Para ello, es necesario trabajar diversos aspectos matemáticos

(planteamiento del problema a resolver), algorítmicos (técnicas más comunes) y de implementación (programación eficiente). El análisis de los métodos se ha de realizar desde dos puntos de vista: por un lado, los errores producidos en los cálculos, debidos a la precisión finita del computador, y por otro, la complejidad temporal y espacial de los algoritmos. Además, se pretende que el alumno mejore sus habilidades en el desarrollo de programas, utilizando lenguajes específicos como MATLAB.

## 2. Motivación

Las asignaturas de primer curso se resienten en general del escaso hábito de trabajo de los estudiantes actuales, y de una tendencia al absentismo cada vez más instaurada.

Además, en el caso de PRG, para muchos alumnos es la primera vez que se enfrentan a la tarea de programar. En el caso de CNU, está ubicada en el segundo cuatrimestre, cursándose simultáneamente con otras asignaturas anuales consideradas difíciles por los alumnos, como PRG y Matemática Discreta y Álgebra, lo que, según los profesores, propicia el abandono.

Como consecuencia de todo ello, se observa un alto número de no presentados y suspensos, en mayor o menor grado, en ambas asignaturas.

En el curso 2004/05, los profesores de las dos asignaturas iniciaron una colaboración con el objetivo de coordinar materias, optimizar el esfuerzo del alumno, e intentar reducir el absentismo.

Existía el antecedente de alguna experiencia puntual de integración de conocimientos [6], realizada en el ámbito de un Proyecto de Innovación Educativa de la UPV, consistente en la impartición de una clase conjunta por profesores de ambas asignaturas.

En el curso 2004/05, las acciones llevadas a cabo consistieron en alguna reestructuración del temario que facilitara la coordinación, y el planteamiento de una práctica de laboratorio de PRG para programar en JAVA y medir los tiempos de ejecución de ciertas operaciones matriciales que se programan en MATLAB en una práctica de CNU, como refuerzo por redundancia.

Una de las conclusiones principales fue que la propia estructura y calendario de las asignaturas dejaban márgenes temporales demasiado

apretados como para poder hacer la coordinación más efectiva.

Es por ello que en el curso siguiente 2005/06, se consideró la conveniencia de plantear alguna acción más flexible temporalmente, y que al mismo tiempo motivara más al alumno.

Para este propósito, se pensó en enfrentar al alumno a un problema real y de actualidad, convenientemente simplificado, con el incentivo de una puntuación adicional en una o en las dos asignaturas.

Se escogió un problema relacionado con el buscador Google, que se describe en el siguiente apartado, y que presenta aspectos relacionados con las materias de ambas asignaturas. Con ello se pretendía:

- Demostrar la posible interrelación entre asignaturas distintas cuando se trata de resolver un problema concreto.
- Disminuir el alto nivel de absentismo en clase.
- Aumentar el porcentaje de alumnos aprobados, así como la nota media de estos alumnos.

## 3. Descripción del trabajo

### 3.1. Objetivos docentes

Además de conseguir la motivación del alumnado, el problema planteado debía responder a diversos objetivos docentes. Algunos de índole general, como:

- Afrontar un problema de relativa complejidad, abordando su resolución de una manera sistemática.
- Realizar un trabajo de integración de conocimientos adquiridos en diversas materias y asignaturas.
- Sistematizar el trabajo en equipo.
- Dejar planteados problemas cuyo estudio se abordara en asignaturas más avanzadas.

Y objetivos específicos de las asignaturas, como:

- Realizar un trabajo que exigiera el uso de las herramientas básicas de programación, y en concreto del lenguaje Java, presentadas en el primer curso.

- Saber leer la especificación de un problema de un ámbito general o especializado, y la descripción de su resolución según los conocimientos propios de dicho ámbito.
- Saber aplicar las técnicas de cálculo numérico y de programación adecuadas que permitieran implementar dicha resolución.
- Saber aplicar estas técnicas para incluso mejorar o dar alternativas a algunos aspectos de las resoluciones propuestas desde ámbitos no informáticos.
- Saber construir librerías (clases) de operaciones generales, en concreto una de operaciones matriz-vector, que se utilicen en la resolución de distintos problemas.
- Conocer y utilizar distintas formas de almacenamiento de datos.
- Utilizar operaciones para matrices dispersas.

### 3.2. Enunciado del problema

Supóngase que se dispone de un programa buscador, que es capaz de buscar ciertos ítems en una red de páginas web, a requerimiento del usuario. Se plantea el problema de en qué orden presentar los resultados de la búsqueda, de una forma que pueda ser útil al usuario.

En [3] y [1] se presenta el modelo utilizado en la experiencia para abordar el problema, basado en el utilizado por Google.

Según este modelo, a cada documento se le asocia una importancia, que se considera función de los documentos que lo referencian, y de la importancia de cada uno de estos.

Más concretamente, la importancia de un documento es proporcional a la suma de las importancias de los documentos que lo referencian.

Si se conoce el grafo de referencias mutuas entre los documentos, el cálculo de las importancias aparece como la resolución de un sistema de ecuaciones lineales, que conduce a un cálculo de autovectores y autovalores.

Estas importancias constituyen el criterio de ordenación de los documentos obtenidos como resultado de una búsqueda.

Como simplificación del problema de búsqueda en la red, se elaboró una pequeña “red” local o “microrred”, de documentos html

fuertemente referenciados entre sí, objeto del problema.

De esta forma se evitaba el problema de manejar grandes volúmenes de información, dispersa y remota, aunque se creaba en el alumno la expectativa de considerar estos aspectos más adelante en su formación.

Para la elaboración de la microrred se contó con la ayuda de un becario que generó la base de datos documental (becario dotado por el Plan de Acciones para la Convergencia Europea, de la UPV).

Para explotar las posibilidades que presenta este problema al nivel de las asignaturas de primer curso, se planteó en forma de un proyecto en el que había distinguir las siguientes fases:

1. Obtención de la matriz de adyacencias asociada a la base de datos documental, que contuviera la información sobre las referencias entre los distintos documentos.
2. Cálculo del vector de importancias, que se reduce a la resolución de un problema de autovalores.
3. Evaluación del sistema de información. Esta evaluación consistía en la búsqueda de un ítem en las páginas de la microrred, y la presentación de los resultados ordenados por la importancia de las fuentes.

La resolución del problema se descomponía en cuatro tareas asociadas a las distintas fases del proyecto, y que podían resolverse de forma independiente por un alumno. Estas tareas, si se ajustaban a las especificaciones dadas, proporcionaban un conjunto de librerías y programas (clases) que resolvían el problema enunciado.

Las tareas planteadas a los alumnos fueron las siguientes:

1. Obtención del registro de referencias mutuas para el conjunto de páginas de la microrred: Búsqueda de las referencias en cada documento al resto de documentos. A partir de los resultados de esta búsqueda, se debía construir un fichero con la descripción del grafo de referencias en la microrred. Esta tarea resolvía la primera fase del proyecto.

2. Construcción de librerías de operaciones matriciales necesarias para la resolución del problema de autovalores: producto matriz-vector, producto escalar, norma, tanto en representación densa como dispersa. Esta tarea formaba parte de la segunda fase del proyecto.
3. Medida de la importancia de las páginas web de la microrred mediante la utilización de algoritmos de cálculo de autovalores, a partir del grafo de referencias, representado por la correspondiente matriz de adyacencias. Como resultado, se generaba un fichero con las importancias calculadas. Esta tarea, junto con la anterior completaban la segunda fase del proyecto.
4. Búsqueda de un ítem en las páginas de la microrred, y presentación de las citas obtenidas, ordenadas por la importancia de las fuentes. Esta tarea resolvía la tercera fase del proyecto.

Esta descomposición proporcionaba un conjunto de tareas, siendo cada una de ellas de dimensiones ajustadas a la carga deseada para el trabajo individual de un alumno. Además, concretaba los enunciados de forma que se revisaban los siguientes contenidos concretos de las asignaturas:

- Se recalca la importancia de las especificaciones de cada uno de los apartados para poder integrarlos de forma que se resolviera el problema en su globalidad.
- Se planteaban aplicaciones no triviales de algoritmos básicos de programación: búsqueda de palabras en un conjunto de textos, con estrategias eficientes; ordenación de ítems no elementales; algoritmos iterativos sobre arrays de más de una dimensión.
- Se planteaba la aplicación de un método numérico a la resolución de un problema aparecido en un ámbito eminentemente informático.
- Se proponía la utilización de matrices dispersas como solución al problema del almacenamiento de datos estructurados en matrices de grandes dimensiones.
- Se presentaban las especificaciones para la construcción de librerías (clases) de operaciones matriciales, tanto para matrices densas como para matrices dispersas.

El enunciado detallado de las tareas, junto con la microrred de prueba, se puede encontrar en [1].

### 3.3. Método de evaluación

El carácter del trabajo era voluntario, y dado el calendario de las asignaturas, se planteaba su realización mediado el segundo cuatrimestre.

El alumno podía escoger una tarea, y su desarrollo le podía suponer a lo sumo 1 punto adicional a la nota en una de las dos asignaturas, a su elección: 1 punto en CNU si había escogido entre las tareas 2 y 3, o 1 punto en PRG si había escogido cualquiera de las tareas.

Los alumnos podían integrarse en un grupo de 4, con el objetivo de completar todo el proyecto, en cuyo caso les supondría, una nota adicional en ambas asignaturas, de 1 punto como mucho en cada una.

## 4. Resultados

El número de alumnos que se involucraron en la experiencia fue relativamente bajo. Se detectaron 3 tipos de alumnos:

- Alumnos aventajados, movidos por su curiosidad o afición, y aspiración a una buena nota.
- Alumnos repetidores, que vieron en la experiencia una forma alternativa de repasar la asignatura pendiente.
- Alumnos con dificultades en la asignatura, que intentaron mejorar sus posibilidades de aprobar.

Los dos primeros grupos fueron en general los más numerosos y activos, constituyendo grupos que completaron el desarrollo del proyecto, y participaron en una presentación pública de resultados.

El último grupo, menos ambicioso en el desarrollo del proyecto, fue prácticamente residual.

Se constató la dificultad de proponer trabajos en grupo. Normalmente, se completó la fase de trabajo individual, pero se echó de menos un organizador que armonizase el trabajo del grupo. En futuras ediciones se debería cuidar más este aspecto.

En la asignatura PRG, se propuso el trabajo a tres grupos de teoría, de los que se presentaron al examen de junio un total de 118 alumnos. De ellos intervinieron 21 alumnos en la experiencia, de los cuales, 9 se incorporaron en algún grupo de los que completó la realización del proyecto, unificando su trabajo individual con el de sus compañeros y verificando el funcionamiento global.

En la asignatura CNU, se propuso el trabajo a dos grupos de teoría, de los que se presentaron en junio un total de 83 alumnos. De ellos participaron 21 alumnos en la realización de una parte individual del trabajo. Cuatro de los alumnos se integraron en un grupo.

En conjunto, se formaron un total de 3 grupos de trabajo, constituidos por alumnos matriculados en ambas asignaturas, o en una sola en el caso de algún repetidor.

Esta minoría de alumnos fue la que sacó mayor provecho de la experiencia, pues mostraron iniciativa para plantear problemas y cuestiones, que, trabajados en las tutorías, les permitió profundizar en algunos conocimientos.

Aunque el trabajo con estos pocos grupos de alumnos fue muy satisfactorio para los profesores y los propios alumnos, este método de trabajo es materialmente imposible generalizarlo, dados los ratios alumno/profesor típicos de una escuela como la ETSIAp.

Finalmente, los 3 grupos llevaron a cabo una exposición y discusión pública del trabajo desarrollado y los resultados obtenidos. Dicha exposición tuvo lugar fuera del horario lectivo debido a lo ajustado del calendario y programa de las asignaturas, que deben cumplir un estricto cronograma de coordinación entre teoría y prácticas. En algún grupo, el profesor tuvo la oportunidad de presentar y discutir el problema con cierto detalle, pudiendo incidir al menos en la aplicabilidad de algunos métodos y conceptos estudiados en las asignaturas.

## 5. Conclusiones

En los siguientes puntos se repasan algunas constataciones acerca de la experiencia:

- Se ha presentado a los alumnos de algunos grupos, un problema cuya resolución necesitaba integrar conocimientos de ambas asignaturas.

- Como se podía haber supuesto, solamente un grupo reducido se interesó en la realización de la experiencia.
- Se ha comprobado la imposibilidad de atender a grupos de alumnos más numerosos dadas las restricciones de tiempo.
- Se constata la dificultad de trabajar en equipo, la mayoría de alumnos han acabado resolviendo por completo sus problemas y no coordinando sus trabajos.
- La presentación de los resultados obtenidos se hizo fuera del horario lectivo, con lo que la mayoría de alumnos perdió la oportunidad de comprobar el resultado.
- No se logró reducir el porcentaje de suspendidos de forma significativa, ya que los alumnos que participaron en la experiencia eran los mejores.
- Sí que se logró subir la nota media de los alumnos aprobados, debido a la puntuación adicional conseguida por los alumnos participantes.

En conclusión, el trabajo propuesto parece adecuado para estimular el estudio en profundidad de los alumnos más aventajados, pero no parece conseguir el objetivo de interesar al alumno medio, ni de reducir el absentismo.

Si bien en cursos posteriores, el alumno dispone de recursos suficientes como para trabajar de forma más autónoma (véanse, por ejemplo, las experiencias descritas en [2], [4]), en el alumno de primer curso se detecta una falta de hábitos y de conocimientos básicos, por lo que debe ser más guiado. Esta conclusión parece desprenderse también de los resultados de un curso piloto de innovación docente en primero, que promovió la ETSIAp durante el curso 2005/06, y cuyos resultados para la asignatura de Programación se discuten en [5]. Dicha experiencia se basaba, entre otros puntos, en motivar al alumno, induciéndole a realizar parte del trabajo práctico en forma de un pequeño proyecto a desarrollar de forma incremental a lo largo del curso. Los resultados observados no fueron lo buenos que se esperaba en cuanto a la implicación de los alumnos en un trabajo constante, a pesar del considerable esfuerzo invertido por el profesor en largas sesiones de tutorías.

En consecuencia, una metodología de trabajo que suponga mayor proporción de docencia no

presencial, parece adecuada si se trabaja con grupos pequeños, y con alumnos más maduros que los de primer curso.

Aunque en esta experiencia el proyecto propuesto se basaba en un problema muy concreto, existen diversas aplicaciones de ingeniería, cuya programación requiere el uso de métodos numéricos: gráficos, recuperación de información, etcétera, y que no necesitan mayores conocimientos que los adquiridos en primer curso.

Esto sugiere a los autores el diseño de asignaturas de carácter práctico, que se podrían impartir desde el tercer semestre, y cuyos objetivos específicos fueran la integración de conocimientos, y la adquisición de destrezas transversales como el trabajo en grupo, y la exposición oral.

### Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al becario Eloy Romero Alcalde, alumno de la Facultad de Informática de la UPV, por su estimable trabajo en la creación de la red de documentos html que sirvieron de prueba en este proyecto.

Igualmente, se desea agradecer a los alumnos participantes, su interés y entusiasmo.

Por último, se agradece a la ETSIAp su implicación y estímulo en estos proyectos de innovación docente.

### Referencias

- [1] Casanova, A., Garayoa, J., Marqués, F. V. Vidal, V. *Enunciado del trabajo conjunto Computación Numérica, Programación*. ETSIAp. Curso 2005/2006.  
<http://www.dsic.upv.es/~casanova/prg-cnu07>
- [2] Díaz, A., y otros. *Experiencia educativa entre varias asignaturas*. Actas de las XI Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática. Villaviciosa de Odón, 2005.
- [3] Fernández, P. *El secreto de Google y el Álgebra lineal*. Bol. Soc. Esp. Mat. Apl. nº30 (2004), 115-141.
- [4] Garrido, P.P., Migallón, H.F. *Cómo motivar al alumno entrelazando las asignaturas Programación Avanzada y Tecnología de Computadores*. Actas de las IX Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática. Cádiz, 2003.
- [5] Gómez, J. A. *Nuevo enfoque de Programación de primer curso*. Póster. Jornadas Nacionales de Intercambio de Experiencias Piloto de Implantación de Metodologías ECTS. Badajoz, 2006.
- [6] Pérez, J.L., Rosso, P. *Integración de conocimientos de Programación y Cálculo Numérico en la Universidad Politécnica de Valencia*. Actas de las VII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática. Palma de Mallorca, 2001.