

Situaciones y Problemas: cómo preparar a los alumnos para lo que se les avecina

José Miró
Dept. de Matemàtiques i Informàtica
Universitat de les Illes Balears
07071 Palma de Mallorca
e-mail:
joe@ipc4.uib.es

Resumen

Preparamos a nuestros alumnos usando problemas claros, concisos, que se resuelven con lo que se ha enseñado en la asignatura, mientras que en su vida laboral lo que se van a encontrar son *situaciones* que son ambiguas, confusas y que no se sabe con qué conocimientos y técnicas deben resolverse. Para preparar mejor a nuestros alumnos para lo que se van a encontrar en su vida laboral, es necesario enseñarles a enfrentarse con situaciones, por dificultoso que sea hacerlo.

Never tell people 'how' to do things. Tell them 'what' to do and they will surprise you with their ingenuity. --General George S. Patton

1. Introducción

La misión docente de la universidad es la de preparar a nuestros alumnos para enfrentarse con los retos que se encontrarán durante su vida laboral [21,23]. ¿Realmente les preparamos para ello, o simplemente les impartimos conocimientos y esperamos que sepan valerse? Esta es una pregunta muy pertinente y que todo profesor debe formularse repetidamente.

El método habitual de impartir nuestras asignaturas consiste en explicar unos conocimientos teóricos y después practicar y profundizar estos conocimientos a través de problemas, sea en la misma asignatura o en otra relacionada. El uso de los problemas es esencial para anclar la sabiduría obtenida [19] y un buen profesor prepara siempre una buena colección de

problemas bien definidos, claros y concisos, con los que los alumnos se vean forzados a reflexionar y practicar la materia que se acaba de impartir. El profesor concienzudo ayuda a los alumnos que tienen dificultades, encaminándoles en la buena dirección para que ellos puedan llegar a la solución, y, finalmente, resuelve o entrega soluciones de los problemas propuestos ya que el poder saber rápidamente lo que se ha hecho bien y mal refuerza el conocimiento.

En suma, el método expuesto supedita los problemas a la teoría. Es muy útil y efectivo para adquirir conocimientos y por eso el buen profesor lo usa extensamente. Pero el uso exclusivo de este tipo de problemas no prepara directamente a los alumnos para la vida profesional.

En su vida profesional nuestros alumnos no se van a encontrar problemas bien definidos, claros y concisos que se resuelven con 'lo que se acaba de explicar', sino con algo distinto, que llamaré *situaciones*. Las situaciones son ambiguas e imprecisas, a menudo explicadas verbalmente en lenguaje no técnico, con incongruencias y contradicciones. Para desenvolverse ante estas situaciones no está claro qué conocimientos se necesitan, ni tan siquiera si existen. El profesional, quizá con un grupo, será el único que trabaje en el problema y no podrá comparar con otros su trabajo para saber si va por buen camino. Tampoco se van a encontrar con un mentor que les guíe hacia la solución o que les pueda asegurar que lo que han hecho es correcto.

Un buen profesional de la informática va a ser valorado por lo bien que sepa reaccionar ante estas situaciones. Es cierto que también ha de saber resolver problemas más sencillos y de solución directa, pero esto raramente es

gratificante ni proporciona reconocimiento profesional. Incluso puede argumentarse que la resolución de estos problemas repetitivos es labor de programadores u otros técnicos y que lo que verdaderamente distingue al profesional informático es su capacidad de valerse ante situaciones.

La resolución de problemas es imprescindible para adquirir buenos y profundos conocimientos, pero si queremos preparar a nuestros alumnos para la vida profesional, debe complementarse explicándoles y haciéndoles practicar cómo desenvolverse ante situaciones. Pero enseñar esto es difícil. Inherentemente la situación sobrepasa el concepto de materia, o área de conocimiento, siendo además el aprendizaje de una habilidad, y por tanto un aprendizaje experiencial. Esto crea dificultades de todo tipo, desde políticas a técnicas. Probablemente por eso se han ideado soluciones híbridas en donde se usan problemas con algunas características de las situaciones. Esto es evidentemente positivo, pero no llega a preparar a los alumnos tan bien como lo haría el uso de situaciones en el aula.

Desde el curso 2001-2002 imparto una asignatura donde se explica un método de resolución de situaciones. La experiencia ha sido positiva, ha demostrado que se puede hacer, ha mostrado que para hacerlo bien aún tengo mucho que aprender, pero sobre todo ha hecho evidente que asignaturas con este tipo de contenido son necesarias. Paso a exponer lo que he hecho y lo que he aprendido en esta experiencia.

2. Problemas y situaciones

2.1 Problemas

Siendo ayudante de una asignatura de circuitos digitales, uno de los primeros problemas que diseñé tenía un texto larguísimo que ocupaba una página entera. El profesor encargado de la asignatura me sugirió que lo hiciera más corto y conciso. A mí ese problema me gustaba mucho, ya que era 'realista' y lo encontraba muy interesante. El profesor aceptó el problema (estoy seguro que para darme una lección) y apareció en la lista. Los alumnos lo odiaron: se perdían en el texto sin saber qué es lo que se les pedía ni qué se suponía que debían hacer.

Aprendí que para que los alumnos se centren rápidamente en la tarea a realizar y no gasten esfuerzos inútilmente en cuestiones derivadas de la redacción, los problemas debían tener unas ciertas características [9,13,19,20]. Un buen problema debe ser claro, conciso, directo, sin ambigüedades, con todos los datos necesarios, y ha de ser tal que se deba resolver utilizando los conceptos y técnicas en las que se desea que profundicen.

Ahora bien, como suele ocurrir en ingeniería, nada sirve para todo, y una característica adecuada a un objetivo es inadecuada para otro. Los problemas redactados con las características que acabo de exponer son muy buenos para aplicar y profundizar en los conocimientos adquiridos, pero promueve un procedimiento de trabajo que no prepara a los alumnos para las situaciones que se encontrarán en su vida laboral.

Los alumnos son inteligentes y se adaptan al tipo de tarea que se les propone para obtener el máximo rendimiento con el mínimo esfuerzo. Por ello han adoptado un método muy eficiente para resolver los problemas que se les plantean. Naturalmente, este método tiene infinitas variaciones, pero consiste en una mezcla de las siguientes acciones:

- Identificar los datos que se proveen y se piden.
- Buscar en el último tema explicado conceptos y fórmulas que relacionan estos datos.
- Buscar problemas similares que estén resueltos e intentar adaptarlos al problema propuesto.
- A falta de método mejor, jugar con los datos y las fórmulas hasta llegar al valor que se pide.
- Si se llega al resultado sin utilizar alguno de los datos, sospechar que algo se ha escapado.
- Evaluar la corrección de las soluciones obtenidas comparándolas con las de otros compañeros.
- Comparar la solución obtenida con la solución del profesor como prueba final de la corrección del ejercicio.

Este método da resultado en el aula, aunque su utilidad profesional es escasa. Además promueve dos vicios:

- No desarrollar formas de comprobación de la corrección de los resultados obtenidos.

- Creer que existe *la* solución [2] y que el profesor es su guardián sagrado.

Estas carencias han sido identificadas en la literatura [7] e incluso se menciona en el curriculum ACM/IEEE 91. Siendo así, sorprende, aunque es muy ilustrativo, que a pesar de todo, a los problemas se les denomina con el título favorable de *well-defined problems* (problemas bien definidos) mientras que las situaciones, a las cuales se les reconoce su importancia, reciben el término algo peyorativo de *ill-defined problems* (problemas mal definidos). Quizá esta imagen desfavorable de las situaciones sea el motivo por el que las estrategias que se usan para dotar a los problemas de algunas características deseables sean parciales y ataquen más a los síntomas que al meollo.

Una primera estrategia es la de usar problemas abiertos [18], es decir, problemas sin una respuesta y un final definidos. Este tipo de problemas obliga al alumno a ser curioso y creativo y en general no es posible resolverlos utilizando el método descrito anteriormente. Pero en el mundo laboral los problemas suelen ser bastante cerrados: se requiere una solución que se ajuste al objetivo de la empresa y se requiere para una fecha dada. Incluso se desconfía de los que consideran los problemas como un reto personal y se olvidan de las necesidades y hábitos de la empresa. Los problemas abiertos son los típicos en investigación, y quizá por eso gustan en la universidad a pesar de su utilidad limitada.

Una segunda vía es el uso de problemas de gran tamaño [7], en forma de proyectos o trabajos de final de curso. Los problemas de gran tamaño suelen exigir integrar el uso de la mayor parte de los conocimientos impartidos durante el curso, lo cual es muy positivo, y además pueden poseer alguna otra característica de las situaciones, aunque esto es más accidental que por diseño. Desgraciadamente, el uso de problemas de gran tamaño presenta dos inconvenientes. El primero es que están relacionados con una asignatura, y por lo tanto con unos conocimientos y técnicas concretas; el segundo, es que se pueden hacer pocos.

Una variante de los problemas de gran tamaño son los 'problemas del mundo real' [6,8,12]. Como su nombre indica, son problemas que se importan al mundo universitario típicamente

desde empresas. La diferencia esencial entre este tipo de problemas y los otros problemas de gran tamaño es que la descripción del trabajo a hacer y la resolución de dudas la hace un 'cliente', que suele provenir de la empresa, y no el profesor. El cliente no sabe cuál es la situación del aula y presenta el problema y responde preguntas desde el punto de vista de la empresa, y no de la asignatura. Se consigue así un factor de realismo interesante. Naturalmente, los problemas del mundo real tienen los mismos inconvenientes, ya mencionados, de los problemas de gran tamaño, y desgraciadamente, en las experiencias que he visto descritas de experiencias de este tipo, los profesores, posiblemente con la intención de ayudar a los alumnos, le quitan buena parte del realismo a los problemas [19]. Por ejemplo, en un caso se usa como cliente a un ex-alumno [22]. Los autores se felicitaban de esta elección y de lo mucho que este cliente había podido ayudar a los alumnos gracias a los conocimientos que tenía de la asignatura, sin percatarse que habían convertido su problema del mundo real en algo bastante irreal.

También cabe abogar por el uso del proyecto final de carrera como lugar idóneo para introducir las situaciones [4]. Evidentemente, el proyecto final de carrera se puede asemejar mucho a una situación, y el alumno dispone aquí de tiempo y recursos para trabajar en este nuevo ambiente. Pero el proyecto final de carrera es inadecuado como lugar donde enseñar los métodos de resolución de situaciones por varios motivos. Por un lado es ineficiente, ya que habría que enseñar el método alumno a alumno; además el alumno sólo podría practicar ante las situaciones una vez, lo que es insuficiente; y sobre todo, tiene lugar demasiado tarde: para cuando el alumno llega al proyecto ya está fuertemente sesgado hacia el método de resolución de problemas descrito anteriormente. Como en todo, para dominar las situaciones hay que practicar su resolución a menudo y desde el principio. El proyecto final de carrera es ideal para ser una última práctica de resolución de situaciones, es inadecuado para ser la primera.

Estas y otras extensiones a los problemas [1,3,14] resuelven parcialmente algunas de las carencias que se han percibido en la preparación de nuestros alumnos. Pero, algunas carencias son inherentes al uso de problemas. El simple hecho

que los problemas deban resolverse dentro de una asignatura donde se imparte una materia obliga al alumno a utilizar una técnicas determinadas, mientras que en su vida laboral, al enfrentarse a una situación no sabrá a priori si debe abordarlo con técnicas de programación, algoritmia, sistemas operativos, o hardware. Un ejemplo servirá para ilustrar esta idea.

2.2 Situaciones

Veamos una situación típica.

La empresa Qjo S.A. ha reestructurado completamente su infraestructura informática. Ha cambiado todos los ordenadores por otros mucho más potentes, y ha decidido aprovechar la situación para cambiar el programa que más usan —un programa de planificación de rutas— por otro, utilizando un algoritmo más eficiente y aprovechando mejor los nuevos recursos. La empresa de un joven informático recién salido de la universidad ha sido la encargada de escribir el nuevo programa. A los pocos días de haberlo instalado nuestro joven informático recibe un mensaje de su jefe diciéndole que los de Qjo S.A. están muy descontentos con el programa y que fuera a ver qué pasa. No le sorprende demasiado —siempre es difícil acostumbrarse a un nuevo sistema— y está seguro que el problema es que no se han leído el manual. Hace una visita y se encuentra con la gran sorpresa que la queja principal es que el nuevo programa es muy lento.

Si este texto se entregara en una asignatura de programación, el alumno buscaría la solución en una mala estructura de datos; si en una asignatura de algoritmia, en un mal algoritmo; si en una asignatura de sistemas operativos, en una mala planificación de procesos o en un mal uso de la memoria virtual; si en una asignatura de arquitectura en un conflicto entre periféricos o un mal uso de la cache, si en una asignatura... Pero en el entorno laboral, ¿qué debe hacer nuestro joven informático? La situación no es ni clara ni directa, no se sabe qué técnicas utilizar, ni siquiera si las técnicas existen. Por no saber, no se sabe siquiera si hay un problema informático: podría ser que Qjo S.A. tuviera un problema de liquidez y se han inventado las quejas para retrasar el pago.

Y desde luego, no puede ir al jefe y decir que no sabe qué pasa.

Podría parecer que ante situaciones que son infinitamente variadas no existe método alguno que pueda ayudar al profesional, y que todo depende de su genio e ingenio innatos. Pero estos métodos si que existen y podemos y debemos preparar a nuestros alumnos para enfrentarse con lo que se encontrarán cuando quieran ejercer su profesión.

3. Enseñando a desenvolverse ante situaciones

Hemos visto que es importante que los alumnos sepan desenvolverse ante situaciones. Pero enseñarlo es difícil.

La primera dificultad es la de disponer de una asignatura donde hacerlo. Por su propia esencia, ha de ser una asignatura donde no haya ningún cuerpo de teoría a enseñar, y que no esté relacionada con ninguna otra asignatura concreta, y por lo tanto no debe estar relacionada con ningún departamento ni área de conocimiento. Evidentemente, es muy difícil introducir una asignatura así en un plan de estudios.

Aparte de esta primera dificultad política, existen otras dificultades técnicas. Dado que lo que se desea enseñar es un proceso y no conocimientos, es difícil establecer unos objetivos concretos y un método de evaluación. Esto es difícil para el profesor, ya que la evaluación pasa a tener una fuerte componente subjetiva, y también lo es para el alumno, acostumbrado a que se le evalúe en función de lo cerca que su resultado esté con 'el' resultado correcto. El alumno puede considerar que la evaluación es arbitraria y esto puede dar lugar a conflictos desagradables.

Otra dificultad es que, como se busca un cambio de mentalidad del alumno que es necesariamente muy lento, es difícil constatar si hay un avance. Esto es duro tanto para el profesor —que lo suplre con fe— como para el alumno, que cree que está trabajando y sufriendo para nada. No es la primera vez que me enfrento con una asignatura de estas características [15,16], y, por suerte, he tenido la grata recompensa de ver que antiguos alumnos, que en el momento no veían la utilidad de lo que les explicaba y exigía, años

después han agradecido las enseñanzas recibidas. Por ello hay que tener fe en lo que haces, y continuar avanzando con la seguridad de la importancia de lo que se enseña.

3.1. Preparación del curso

En el curso 2001-02 tuve la suerte de que se me asignara un trimestre de la asignatura Métodos Matemáticos del segundo ciclo de la licenciatura de matemáticas. Con el apoyo y beneplácito del jefe de estudios utilicé esta asignatura para explicar a los alumnos el concepto de situación e introducirlos en los métodos de resolución de las mismas. Aunque esta asignatura es de la licenciatura de matemáticas, las ideas generales que expongo son perfectamente aplicables a una asignatura de la licenciatura de informática, si existiera. Tuve la suerte de contar con la ayuda del profesor emérito José Miró Nicolau, que había impartido conocimientos parecidos en el pasado, que me ayudó mucho en la preparación de la asignatura e impartió algunas clases.

Antes de empezar el curso se tomaron varias decisiones importantes.

- Como lo que se buscaba era un procedimiento de trabajo, exigimos a los alumnos que todo lo que hicieran —no sólo los resultados finales, sino los razonamientos, pruebas, errores... todo— se plasmara en un cuaderno de trabajo. Este cuaderno debía entregarse a final de curso y era evaluado.
- Como queríamos enfatizar que no existía ‘la’ solución del profesor, nunca resolvimos ni publicamos solución a ninguno de los ejercicios y situaciones planteadas en clase. Se les dijo a menudo que no había más solución que la que ellos produjeran.
- Los ejercicios y situaciones a utilizar no iban a ser en general los de tema matemático que estaban acostumbrados a resolver, sino que provendrían de ciencia e ingeniería. La redacción de los problemas no era formal y no teníamos especial cuidado en eliminar ambigüedades o en asegurarnos de que no faltaran o sobraran datos. Más bien lo contrario.

Existen varios métodos para enfrentarse a situaciones [5,10,11], pero consideramos el *professional method* de ver Planck y Teare [21] el

más completo y nos basamos en él. En breve, el método consiste en aplicar los siguientes pasos:

1. A partir de la situación, definir un problema específico.
2. Planificar cómo atacar el problema, haciendo explícitas las simplificaciones pertinentes
3. Ejecutar el plan hasta llegar a una decisión o resultado
4. Comprobar la corrección de lo obtenido
5. Evaluar lo que se ha aprendido de la experiencia.

Naturalmente, estos pasos no necesariamente se dan en orden, y se debe iterar a través del método las veces que sea necesario.

Por ejemplo, ante la situación expuesta en la Sección 2.2, el joven informático empieza por recabar información, hablar con los usuarios y los responsables, observar el funcionamiento del programa y formularse una pregunta concreta a la que crea puede dar respuesta. Dado ahora el problema concreto que se ha propuesto a sí mismo, está preparado para actuar: decide qué simplificaciones debe hacer, sabe qué nuevos conocimientos puede necesitar, qué preguntas hacer a los desarrolladores, qué pruebas ha de hacer al programa. Lleva a cabo este plan de actuación, comprobando los resultados parciales que va obteniendo, asegurándose que no se ha cometido ningún error. Una vez respuesta su pregunta, evalúa lo que ha aprendido y está en condiciones de hacerse otra pregunta más pertinente, de suavizar alguna de las restricciones que se ha hecho, o de decidir cambiar completamente de línea de actuación.

3.2. Marcha del curso

Se matricularon ocho alumnos. Procuramos que la clase fuese eminentemente práctica, enseñando a aplicar el método sobre todo a base de ejemplos, aunque cuando era pertinente dábamos explicaciones teóricas. Desde la segunda semana los alumnos tuvieron a su disposición listas de ejercicios y situaciones simples para que fueran trabajando. La segunda mitad del trimestre se dedicó a una situación ya de tamaño y complejidad mayores, supuestamente real. Los alumnos debían entregar un informe final de su solución. Este informe debía ser breve y no iba dirigido al profesor, sino al jefe de la empresa, que no era ni científico ni ingeniero, y por lo tanto el

lenguaje a utilizar no podía ser técnico. Aún así, en el informe debía constar una recomendación de actuación, y debía convencer al jefe de la bondad de la misma. La nota final del curso dependía del cuaderno de trabajo y de este informe. Mientras los alumnos trabajaban en esta situación final, procuré abandonar el papel de profesor y convertirme en ‘cliente’, aunque algunas veces me vi forzado a volver al papel de tutor al ser aparente el desconcierto de los alumnos.

3.3. Resultados

Estoy seguro que los alumnos aprendieron mucho durante el curso, pero probablemente yo aprendí más. El verlos trabajar, y sobre todo el estudio de los cuadernos de trabajo fue muy ilustrativo. Más que explicar lo que hice en clase, qué en la segunda iteración va a cambiar considerablemente, creo más interesante mostrar lo que aprendí y lo que es importante para alguien que quiera montar un curso similar.

Este tipo de asignaturas son experienciales. Los conocimientos que los alumnos tengan simplemente a nivel mental sirven de poco. Puede que sepan responder a la pregunta ‘¿Por qué es importante comprobar tu trabajo?’ pero después no lo aplican: lo saben pero no lo viven, no lo experimentan. El conocimiento experiencial es de absorción lenta [17] y para conseguirla hay que trabajar mucho y resolver muchas situaciones durante el curso. La estrategia de hacerles resolver una única situación de tamaño moderado no fue una buena idea.

Los alumnos tienen cincelados en sus mentes que existe ‘la’ solución, que es la del profesor, y que cualquier desvío de esta solución es errónea. Es decir, o piensan como el profesor o creen estar equivocados. Esto se vio en los desconcertados que se encontraban al no tener una lista de soluciones. También les descolocaba mi respuesta cuando en clase o en tutorías preguntaban si lo que habían hecho estaba bien: les repetía que no había más solución que la que ellos crearan, y les daba pautas para que ellos mismos pudieran hacer comprobaciones. A pesar de que en clase se dedicó un tiempo considerable a enseñarles a comprobar sus resultados y a mi insistencia, en los cuadernos comprobé que casi nadie casi nunca intentó siquiera comprobar su trabajo. Casi se

podía leer entre líneas: ‘No sé si es correcto o no. No importa: ya me lo dirán’.

El no comprobar resultados tiene como efecto secundario una gran falta de seguridad en el trabajo producido. Cualquier comentario dicho de pasada en clase que les hiciera pensar que yo estaba considerando una vía de solución diferente de lo que ellos estaban haciendo, les llevaba a abandonar su enfoque de la situación. En un caso, en un cuaderno se podía leer ‘Esto está mal porque el profesor ha dicho [un comentario que no necesariamente se aplicaba a su línea de trabajo]’ para dos páginas después leerse ‘Pues al final estaba bien porque el profesor ha dicho [otro comentario similar]’. El alumno ni siquiera se plantea que el resultado está bien o mal por sí mismo, y no por los comentarios casuales que diga o deje de decir el profesor, y, aún más importante, que puede comprobar por sí mismo si lo que ha hecho está bien o no.

Los alumnos consideran que las asignaturas son cotos cerrados sin relación entre ellas. Baste un ejemplo: en un momento dado tenían una variable estocástica y no sabían qué hacer con ella. No sabían dónde encontrar información y al final tuve que ser yo quien les sugiriera que mirasen los apuntes de la asignatura de probabilidad que habían cursado el año anterior. No se les había ocurrido. Realmente, entiendo un poco a los alumnos: los profesores también consideramos que nuestras asignaturas son cotos cerrados sin relación unas con otras.

En suma, una asignatura de este tipo debe ser eminentemente práctica, los alumnos deben resolver situaciones (para nota) repetidamente, debe ponerse mucho énfasis en la comprobación de la corrección de los resultados, debe hacerseles buscar información en lo aprendido en asignaturas anteriores y muchas otras fuentes, y el profesor debe de alguna manera procurar quitarse toda la autoridad que sea posible. Esto es lo que pienso aplicar la segunda vez que imparta la asignatura.

4. Conclusiones

Tras enseñar una asignatura donde se ha mostrado a los alumnos como desenvolverse ante situaciones he aprendido que problemas y situaciones son dos formas distintas de aprender la praxis de la profesión de informático. Los problemas son adecuados para anclar y

profundizar los conocimientos teóricos y por ello están supeditados a la teoría. Las situaciones son más cercanas a lo que el profesional se va a encontrar en su vida laboral y no se resuelven con las técnicas típicas de resolución de problemas. Enseñar a desenvolverse ante situaciones es difícil. Es difícil encontrar una asignatura donde se pueda hacer y es difícil porque lo que se enseña es una forma de trabajar, una experiencia. Estas dificultades se pueden obviar y podemos y debemos enseñar a nuestros alumnos a enfrentarse a situaciones ya que esto les dará una ventaja al iniciar su vida laboral.

Referencias

- [1] T. Beaubouef, R. Lucas, y J. Howatt. The unlock system: Enhancing problem solving skills in CS-1students. *SIGCSE Bulletin*, 33(2):43—46, Junio, 2001.
- [2] Ewa Z. Bem. Experiment-based project in undergraduate computer architecture. *SIGCSE Bulletin*, 34(1):171—175, Marzo 2002.
- [3] Grant Braught y David Reed. Disequilibrium for teaching the scientific method in computer science. *SIGCSE Bulletin*, 34(1):106—110, Marzo 2002.
- [4] Agustín Cernuda del Río. El modelo de desarrollo para un proyecto fin de carrera en ingeniería técnica en informática. *Actas de las VIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2002*, pp. 559—566, Cáceres, Julio 2002.
- [5] Peter Chalk. Scaffolding learning in virtual environments. *SIGCSE Bulletin*, 33(3):85—88, Septiembre 2001.
- [6] A.T. Chamillard y Kim A. Braun. The software engineering capstone: structure and tradeoffs. *SIGCSE Bulletin*, 34(1):227—231, Marzo 2002..
- [7] Tony Clear. “Programming in the large” and the need for professional discrimination. *SIGCSE Bulletin*, 33(4):9—10, Diciembre 2001.
- [8] Tony Clear, Frank H. Young, Michael Goldweber, Paul M. Leidig, y Kirk Scott. Resources for instructors of capstone courses in computing. *SIGCSE Bulletin*, 33(4):93—113, Diciembre 2001.
- [9] James B. Fenwick, Jr., Cindy Norris, y James Wilkes. Scientific experimentation via the matching game. *SIGCSE Bulletin*, 34(1):326—330, Marzo 2002.
- [10] Center for Problem-Based Learning. Checking the fit. Página web, 2000. <<http://www.imsa.edu/team/cpbl/whatis/Bisonproj/chkfit.html>> (Última visita: Nov. 2002).
- [11] Center for Problem-Based Learning. An introduction to problem-based learning. Página web, 2000. <<http://www.imsa.edu/team/cpbl/whatis/whatis/slide1.html>> (Última visita: Nov. 2002)..
- [12] Ángel García Crespo. Mejora de la docencia mediante proyectos de investigación: Planificación estratégica de sistemas de información. *Actas de las IV Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 98*, pp. 113—120, Sant Julià de Lòria, Andorra, Julio 1998.
- [13] David Ginat. On varying perspectives of problem decomposition. *SIGCSE Bulletin*, 34(1):331—335, Marzo 2002.
- [14] Amruth N. Kumar. Learning the interaction between pointers and scope in C++. *SIGCSE Bulletin*, 33(3):45—48, Septiembre 2001.
- [15] José Miró Julià. La enseñanza de la comunicación escrita en las carreras técnicas. Una experiencia. *Congreso universitario sobre innovación educativa en las enseñanzas técnicas, vol. 1*, pp. 171—179, Zaragoza, 1996.
- [16] José Miró Julià. Aprendizaje a través de la escritura. *Actas de las V Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 99*, pp. 205—210, La Almunia de Doña Godina, Zaragoza, Octubre 1999.
- [17] Donald A. Norman. *The Design of Everyday Things*. MIT Press, 1998.
- [18] Nick Parlante. Nifty assignments. Página web, 2002. <<http://nifty.stanford.edu>> (Última visita: Dec. 2002).
- [19] Ángel Perles, Carlos Domínguez, Juan M. Martínez, y Houcine Hassan. Enseñanza de la informática industrial mediante proyectos reales simplificados. *Actas de las V Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 99*, pp. 55—60, La Almunia de Doña Godina, Zaragoza, Octubre 1999..
- [20] Molecular Biology Teaching Pilot Program. Writing problem sets and questions. Página web, 2000. <<http://www.princeton.edu/>>

- bioteach/f-writing.html> (Última visita: Nov. 2002).
- [21] D.W. Ver Plank y B.R. Teare, Jr. *Engineering Analysis: An Introduction to Professional Method*. Wiley and Sons, 1954.
- [22] E.E. Villarreal y Dennis Butler. Giving computer science students a real-world experience. *SIGCSE Bulletin*, 30(1):40—44, Marzo 1998.
- [23] Gloria Zaballa Pérez y Asunción Barredo Fuentes. Nueva metodología docente para adaptarse a las necesidades de la sociedad actual: adquisición de habilidades y destrezas. Un caso práctico: calidad en ingeniería del software. *Actas de las V Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 99*, pp. 89—96, La Almunia de Doña Godina, Zaragoza, Octubre 1999.