

Aprendizaje a través de la escritura

J. Miró Julià

Primera Parte: Ideas previas

1. Aprender escribiendo

A veces en clases hago pequeñas preguntas, cuyas respuestas se pueden deducir de lo explicado, para promover que los alumnos razonen. Para añadir motivación indico ‘Esto podría ser una pregunta de examen’. Cuando alguna de estas preguntas ha aparecido en el examen, el resultado suele ser malo. Está claro el porqué: los alumnos tienen un conocimiento pasivo en vez de activo: saben los hechos (datos, conceptos, ejemplos) que se les explica en clase; no saben razonar sobre ellos. Y esto es malo especialmente en el mundo de la informática, donde lo que se ha explicado en primero puede estar ya pasado cuando los alumnos acaben la carrera cinco o seis años después. El conocimiento pasivo pasa, el conocimiento activo, los razonamientos y fundamentos, son perdurables.

A continuación se presenta un método que estoy probando para inducir al alumno a que razona más; para inducir al alumno a preguntarse, y responderse, por qué un hecho es así y no de otra manera, cuál es la consecuencia de unos conocimientos, o cuál es la evolución previsible de un tipo de sistemas tal y como progresa la tecnología. El objetivo del curso es que dedique sus recursos mentales a razonar y no a aprenderse 17 tipos diferentes de sumadores.

¿Y cómo se aprende a razonar? Me he preguntado cómo he aprendido yo a razonar, y no tengo respuesta. No es mi objetivo enseñarles el *modus ponens* o los silogismos. Tampoco considero un buen método el hacer las preguntas y creer que aprenderán ‘por la cuenta que les trae’: esto es como creer que aprenderán a nadar si les tiramos en aguas suficientemente profundas. El método que he considerado es el aprendizaje a través de la escritura. Esto significa que los

alumnos utilizarán la escritura como medio primordial para aprender, estudiar y transmitir lo aprendido.

La escritura es adecuada para aprender a razonar por varios motivos. Por un lado, exponer una idea implica primero hacerla tuya. Por otro lado, la escritura es exigente y obliga a los alumnos a buscar la palabra adecuada, a no dejar agujeros en las líneas de razonamiento, a buscar ejemplos apropiados: el papel no perdona. Una ventaja añadida es que los alumnos aprenderán a escribir, que es una de sus faltas más reseñadas por los empleadores de nuestros licenciados, tal y como se mostró en mesas redondas de las dos primeras ediciones de las Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (Jenui).

El uso de la escritura como forma de trabajo no es nuevo. Se ha usado en el pasado de formas diversas, aunque, en lo que yo tengo conocimiento, no se ha hecho nunca un uso tan extensivo en un curso de informática. En los últimos años he dedicado una parte sustancial de la asignatura de Estructura de Computadores a enseñar a los alumnos a preparar un informe técnico. La estructura y formato del nuevo curso se basa en la experiencia adquirida.

2. Contenido y estructura del curso

Estructura de Computadores es una asignatura de 12 créditos de tercer curso de Ingeniería Técnica de Informática de Sistemas. Su objetivo es que los alumnos tengan un buen entendimiento de conceptos de arquitectura de ordenadores.

El temario, que no ha cambiado de cursos anteriores, es clásico y sigue principalmente el ya famoso libro de Hennessy y Patterson. Se explica el funcionamiento del procesador, unidad de memoria y unidad de entrada/salida de un procesador segmentado moderno. Como los alumnos habrán de entregar una serie de informes, también se ha introducido en la asignatura temas de escritura. El temario sigue lo que se ha explicado en años anteriores: el proceso de escribir, claridad y enlazado de frases, estructura de párrafos y secciones, creación de tablas y gráficos, edición. No se incluye gramática, ortografía o puntuación, que se da por supuesto.

Dado el tiempo disponible he dividido el temario en cinco temas. Para cada tema se crea un ciclo de unas cinco semanas. Al final de cada ciclo los alumnos habrán de entregar un informe del tema tratado. El informe se valorará según dos criterios: el contenido, dando especial importancia a lo bien razonado que esté y menos a los hechos que contenga; y la calidad de la escritura según lo expuesto

Ciclo	Tema de Arquitectura	Tema de Escritura
1	Aritmética	Edición
2	El procesador	Claridad de frases
3	La segmentación	Estructura de párrafos
4	La unidad de memoria	Estructura de secciones
5	Entrada/Salida	Tablas y gráficos

Figura 1: Contenido de cada ciclo del temario

en el ciclo. La estructura de cada ciclo se detalla en la Sección 3.

Los cinco informes comprenden la mayor parte del objetivo del curso, y consecuentemente supondrán aproximadamente dos tercios de la nota final. El tercio restante se obtendrá de un examen de problemas.

El tema de arquitectura y de escritura de cada ciclo puede verse en la Figura 1. Aunque el temario no ha cambiado en esencia, dada la mayor carga de trabajo que tendrán los alumnos al tener que escribir un buen documento en cada ciclo, se ha reducido algo el contenido de cada tema. Esto sigue el espíritu del método: no dedican tiempo a aprender hechos, sino a razonar y fundamentar lo que saben.

3. Estructura de un ciclo

Como se ha indicado en la sección anterior, se dispone de cinco semanas para cada ciclo, con dos clases de dos horas por semana. En este tiempo los alumnos deben pasar por tres fases: (1) aprender y comprender el contenido del tema; (2) decidirse por un enfoque y estructura para su exposición; (3) escribir. Estas tres fases no son secuenciales, es decir, mientras se deciden por un enfoque, pueden estar escribiendo, y mientras escriben, están aprendiendo, pero el inicio de las tres fases sí que debe seguir el orden indicado.

La primera fase consta de una o dos clases en las que se expone un esquema del tema, una clase en la que se explica el tema de escritura del ciclo, y dos clases de problemas que tendrán lugar más adelante en el ciclo.

La segunda fase empieza tras la clase de escritura y consta de tres clases en las que se va desarrollando la estructura que deberá tener el informe. En los primeros ciclos la estructura será bastante rígida, y progresivamente se irá dando más libertad a los alumnos a la hora de crear los documentos. Durante estas tres

clases se irán obteniendo ideas sobre posibles estructuras y puntos de vista que puede darse al documento (por ejemplo, el tema de aritmética puede enfocarse desde un punto de vista matemático, de circuitos electrónicos, o de las diferencias existentes entre la aritmética de ordenador y la aritmética de lapiz y papel), se irán estudiando los condicionantes impuestos por cada punto de vista, y se verá cómo conjugarlo todo en una estructura coherente.

La tercera fase tiene lugar principalmente durante las dos últimas semanas del ciclo. En esta fase se aplica lo visto en la clase de escritura al documento final, se van resolviendo problemas que tengan los alumnos, y se van viendo ejemplos concretos de los documentos que se están elaborando.

4. Problemas previstos

Como es de suponer al emprender una aventura de este estilo, aparecerán problemas. Muchos de ellos serán imprevistos y habrá que ir dándoles solución en su momento. Otros problemas sí están previstos. Son los siguientes.

- Pasividad de los alumnos: Todos sabemos que los alumnos, salvo muy raras excepciones, procuran estar sentados, más o menos callados, e ir recibiendo el flujo de información que sale del profesor. El nuevo estilo de enseñanza exige participación activa de los alumnos. Por suerte, el número de alumnos es reducido y espero que con algunas técnicas de dinámica de grupos se pueda superar este obstáculo.
- Carga de trabajo: Este es el asunto que más ha preocupado a algunos alumnos consultados. Si hasta ahora los alumnos ya tenían una carga de trabajo razonable, añadir la escritura de un informe lo convierte en una carga de trabajo irrazonable. Para mantener las exigencias de trabajo en niveles razonables se ha disminuído el contenido, como ya se ha indicado, se han eliminado algunos requerimientos que había en cursos anteriores, y se han diseñado los ciclos para que parte del trabajo de creación del documento pueda realizarse en clase.
- Falta de material: Este es un problema, con matices distintos, tanto en la parte de arquitectura como en la escritura. En la parte de arquitectura se exige que los alumnos estudien por su cuenta. No se puede esperar que vayan a la biblioteca, busquen varios libros, escojan los más adecuados, los estudien, y hagan una síntesis. El material que se espera que lean ha

de estar preparado de antemano. En la parte de escritura el problema es que no existen libros adecuados en castellano sobre escritura técnica. La solución es un texto que he estado escribiendo en los últimos años.

- Corrección de trabajos: El problema no es tanto leer y calificar los documentos, como dar al alumno cantidad adecuada de información sobre cuales son sus puntos débiles y como mejorarlos. Esto exige mucho trabajo por parte del profesor. Una de las maneras de reducir la carga es acotar el número de documentos a corregir, formando grupos si es necesario. En este caso se han de introducir en el curso técnicas de trabajo en equipo.
- Aprendizaje no conceptual: El método propuesto es muy adecuado para el aprendizaje de conceptos, y no tanto para la aplicación de los conceptos o la práctica de técnicas. Es por ello que se introducen clases de problemas que además cumplen la función de ayudar en la comprensión de los conceptos. En asignaturas con más contenido práctico este método es poco adecuado.

5. Conclusion

La escritura es un vehículo para lograr que los alumnos obtengan un conocimiento activo (fundamentos y razonamientos) de una asignatura, en vez de un conocimiento pasivo (hechos, datos, ejemplos) de la misma. Se ha diseñado un método de enseñanza que usa la escritura como medio primordial para el aprendizaje, estudio y manifestación de lo aprendido por los alumnos. Se ha dividido a Estructura de Computadores, una asignatura de arquitectura de ordenadores, en cinco ciclos y la forma de enseñar el tema del ciclo consiste en enseñar cómo crear un informe sobre el mismo. Para ello, además de enseñar el tema de arquitectura, en cada ciclo se enseñan técnicas de escritura. Este método, que se ha puesto en marcha este curso, será trabajoso de implantar, pero con él espero conseguir una mejora de la enseñanza de la asignatura.

Segunda parte: Resultados y experiencias

6. Introducción

En mis años de docente he observado que puedes esperar de los alumnos que aprendan datos, ejemplos, circuitos, algoritmos, pero que raramente entienden el significado de los datos y ejemplos, o los razonamientos seguidos en el diseño de circuitos y algoritmos. El conocimiento que obtienen los alumnos es principalmente pasivo (reciben información, la almacenan, la olvidan). En contraposición podemos definir conocimiento activo a aquel basado en fundamentos y razonamientos con el cual, a partir de datos, se pueden deducir conclusiones y en definitiva, generar nuevos conocimientos. En todo saber el conocimiento activo es mucho más conveniente que el pasivo, y muy especialmente en la informática, donde lo que se ha explicado en primero puede ser obsoleto cuando los alumnos acaben la carrera cinco o seis años después. El conocimiento pasivo pasa, el conocimiento activo, los razonamientos y fundamentos, son perdurables.

En la primera parte de este documento presenté una experiencia que empezaba a poner en práctica en la cual los alumnos aprenden el contenido de la asignatura de Estructura de Computadores escribiendo sobre ella. El objetivo de esta innovación es el de conseguir que los alumnos tengan un conocimiento activo de la asignatura. Se explica cómo la escritura es un buen vehículo para conseguir este tipo de conocimiento ya que exige al alumno que primero haga suya la idea a exponer, a que no deje agujeros en sus líneas de razonamiento, o a que busque ejemplos adecuados a sus razonamientos. Como ventaja adicional, los alumnos aprenden a escribir. Los resultados obtenidos han sido muy buenos y la evaluación que han hecho los alumnos del curso también ha sido muy positiva. En esta segunda parte discutiré los resultados obtenidos tras este primer año de la experiencia.

Es importante notar que la escritura no es la forma en la que se evalúan los conocimientos del curso sino la forma cómo los alumnos aprenden estos conocimientos. No se trata de enseñar mediante el ‘método tradicional’ y después pedir un informe, sino que en clase se aprende a escribir sobre un tema y así se aprenden los conocimientos del tema.

El curso se ha estructurado en cinco ciclos. En cada uno de ellos se introduce a los alumnos las ideas básicas de un tema de la asignatura y de un tema de escri-

tura. Los temas desarrollados pueden verse en la Figura 1. El ciclo se desarrolla en unas cinco semanas (20 horas de clase) y al final del mismo los alumnos, en equipos de dos personas, han de entregar un documento del tema de arquitectura del ciclo. Este documento se valorará en función de sus contenidos –sobre todo de la calidad de sus razonamientos– y de la calidad de la escritura, según lo expuesto en el ciclo. Los cinco documentos representan dos terceras partes de la nota final del curso, la tercera parte restante se obtiene de un examen de problemas. Algunos de los documentos entregados por los alumnos durante el curso pueden descargarse de <http://dmi.uib.es/people/joe/teach/EstrC.html>.

Dentro de cada ciclo se dedican dos horas a exponer brevemente las ideas principales del tema de arquitectura, otras dos a exponer el tema de escritura, entre cuatro y seis horas se dedican a problemas y el resto se dedica a escribir el documento. Esto está en consonancia con los objetivos propuestos: la mayor parte del tiempo de clase se dedica a aprender el tema a base de escribir sobre él.

Durante el año he ido estudiando los resultados obtenidos, he hablado mucho con los alumnos y al final he hecho una encuesta valorativa de la experiencia. Dados los resultados y las respuestas de los alumnos presento en este artículo mi valoración del método. Es una valoración subjetiva, pero he intentado basarla en hechos observables y no en intuiciones para hacerla lo más fiable posible.

7. Ventajas del metodo

Usando la escritura como vía para el aprendizaje los alumnos aprenden a escribir. Pero además de esta ventaja obvia que presenta el método, existen otras. Describo a continuación las que considero más importantes. Aunque las ventajas están interrelacionadas, para explicarlas las he dividido en tres grupos: mejor conocimiento, mejor comunicación y mayor autonomía.

El conocimiento obtenido por los alumnos es más profundo que con la enseñanza tradicional. Para poder escribir sobre un tema los alumnos han tenido que hacer suyos los conocimientos que han expuesto. Gracias a esto, han aprendido a relacionar conceptos entre diferentes temas y entre diferentes asignaturas: a menudo usaban conocimientos obtenidos en otras asignaturas para mejorar sus escritos en ésta. También están más seguros de sus conocimientos. Saben qué es lo que saben y qué es lo que no. Durante el curso se dieron cuenta de lo que yo les dije el primer día: sólo puedes escribir bien de lo que sabes. El papel no engaña.

Los alumnos han aprendido a comunicarse. Esto es más que simplemente

aprender a escribir. Aparte de saber poner las palabras unas detrás de otras, han aprendido cuál es la estructura de una exposición efectiva, dónde debe ir la información importante de cada frase, de cada párrafo, de cada sección. Han aprendido a identificar al lector con quien quieren comunicarse y a escribir pensando en él.

Esto a su vez les ha ayudado a leer mejor. Esta mejora no es algo que se haya enseñado durante el curso, sino que está unido al aprender a escribir. Y han tenido que aplicar esta mejora de su capacidad de lectura, ya que la explicación del tema hecha en clase es breve y sólo de las líneas básicas. El resto de la información que necesitan para escribir el informe la han de obtener de textos que han de leer y entender.

Los alumnos se han vuelto más autónomos. Al cabo del año han tenido repetidamente que aprender y explicar un tema. A partir de una pequeña información inicial han tenido que escoger y delinear el tema que quieren tratar, determinar cuáles son los campos de los que no saben lo suficiente y han de aprender más, buscar la información pertinente, digerirla y unirla al conocimiento que ya tienen. Todo esto lo han hecho con cada vez menor ayuda del profesor. Al final del curso saben leer, aprender, comprender y exponer un tema ellos solos.

8. Inconvenientes

Como todo en esta vida, este método también presenta inconvenientes. Algunos los había previsto y se exponen en el artículo anterior, otros se han presentado imprevistos. En todo caso es importante tener presentes los inconvenientes identificados para tratar de disminuir los efectos.

La mayor parte de los trabajos entregados se pueden considerar light. Son de divulgación, cualitativos, sin entrar en detalles en los temas complejos. Un motivo de esto es que el escritor ha de saber bien y tener mucha seguridad en lo que explica, conque el tema expuesto ha de estar algo por debajo de su nivel de conocimientos. Esto explica algo, pero no todo. Creo que los alumnos han evitado dificultades, han buscado temas sencillos y han circunvalado las partes complejas. Es decir, dentro de lo que han podido han ido a lo fácil. Este es un problema difícil de resolver ya que es importante dejar libertad de elección de tema y enfoque a los alumnos para poder fomentar muchas de las ventajas comentadas en la sección anterior.

El aprendizaje a través de la escritura va muy bien para entender conceptos, pero la asignatura exige también habilidades en la resolución de problemas. No he

encontrado una buena manera de compaginar ambas cosas. Para cumplir con el objetivo de ser capaz de resolver problemas, los alumnos disponían de una lista de problemas resueltos y un tercio de la nota del curso provenía de un examen sobre los problemas de la lista. A los alumnos no les gustaron ni los problemas, ni el examen. Y con razón. Tal como me escribió un alumno en la encuesta final de curso "Preparar el examen se ha convertido en una tarea prácticamente burocrática que desentona totalmente con el espíritu y esencia en que se ha desarrollado el resto del curso".

Otra idea fue la de requerir el diseño y la resolución de problemas originales en los trabajos. Tras dos ciclos vi que los alumnos no eran capaces de crear problemas y encajarlos dentro de sus trabajos. Decidí que era una tarea demasiado difícil y, quizá prematuramente, eliminé el requisito. En cursos venideros será prioritario buscar otras maneras de abordar los problemas.

9. Consejos para el que quiera hacer la prueba

Es la primera vez que se ha llevado a cabo una experiencia de este tipo. Yo tenía unas ideas sobre qué se podía hacer, pero ante la falta de experiencia he estado abierto durante todo el curso a las sugerencias de los alumnos y he estado preparado para hacer todos los cambios necesarios en cuanto hiciera falta. Si alguien quiere poner en marcha una experiencia de este tipo, estos consejos le pueden resultar útiles.

- *La evolución es lenta.* En cualquier asignatura los alumnos conocen mejor el Tema 1 después de haber explicado el Tema 2, aún en el caso que éste tenga poco que ver con aquel. Esto es marcadamente cierto con este modelo de enseñanza. He repetido innumerables veces "Esto no está bien, pero no os preocupéis es al final de curso que tiene que estar bien. Tenéis todo el año para aprenderlo". Se lo decía a los alumnos, pero también me lo repetía a mí mismo. Esta paciencia se ha visto ampliamente recompensada. Saber explicar un conocimiento es un proceso global y aunque te puedes ir fijando en aspectos parciales, no hay claras etapas a cumplir.
- *Es bueno que trabajen en equipo.* Puse a los alumnos a trabajar por parejas para reducir la carga de trabajo, tanto la suya, como sobre todo la mía. Ha sido una buena idea, pero no por la reducción, sino porque los alumnos han tenido con quien compartir y comparar sus ideas, con quien discutir

- Dada una transparencia con muchos tipos de letra clasificalas por orden de ‘belleza’.
- Resume tu trabajo en 10 líneas. Pásalo a otro grupo. Este grupo escribe dos preguntas que le gustaría ver contestadas. Se repite el proceso dos o tres veces y se devuelve la hoja al grupo original. En vista de las preguntas, reescribe el resumen.
- A partir de una sección del borrador del trabajo se escribe en una hoja la parte introductoria de cada párrafo. Reescribe las frases transcritas como un único párrafo. ¿Es este párrafo un buen resumen del texto? ¿Habría que añadir o eliminar alguna frase? A partir de las frases que has añadido o eliminado añade o elimina los párrafos que faltan o sobran. ¿Mejora el texto?
- A partir de un esquema ‘de títulos’ pasa a un esquema ‘de ideas’. Por ejemplo, pasa de “La cache” a “La cache es el corazón de la jerarquía de memoria. De su buen diseño depende el buen rendimiento del ordenador”.
- Simplifica (elimina algo) de cada diagrama que has hecho. Decide si la complejidad añadida del diagrama original vale la pena.

Figura 2: Ejercicios de escritura

cómo hacer las cosas, a quien explicar y ser explicado. Dudo que se hubiera obtenido tan buen resultado si los trabajos se hubieran desarrollado individualmente. También he promovido el trabajo entre equipos –por ejemplo, haciendo intercambios de índices comentados– pero he visto que las ventajas de comunicación se daba esencialmente entre miembros del equipo.

- *Uso de ejercicios de escritura.* A principio de curso, las clases de escritura consistían esencialmente en una pequeña charla y después hacerles escribir, y a veces sacar alumnos a la pizarra para ver lo que habían hecho. El resultado no fue demasiado bueno. Con el tiempo fui evolucionando hacia una lista de ejercicios concretos que los alumnos debían hacer en tiempo de clase. Los ejercicios propuestos iban en consonancia con el tema de escritura del ciclo y están diseñados para que se hagan sobre los informes a entregar. Así se aprovecha mejor el tiempo de clase y se disminuye la carga de trabajo del alumno. Una lista de algunos de los ejercicios propuestos puede verse en la Figura 2.
- *Reuniones de evaluación.* Una de las ideas más útiles del curso ha sido la de

reunirme con los grupos para evaluar los trabajos. En el ciclo 1 entregué a cada grupo un informe de una o dos páginas en la que comentaba y evaluaba su documento. Pero me era imposible escribir en el informe todo lo que me hubiera gustado decirles, conque a partir del segundo ciclo decidí reunirme con cada grupo para leer con ellos el trabajo y poder discutirlo en detalle. Los alumnos aprendieron muchísimo en estas reuniones. No sólo pude indicar con todo detalle los puntos fuertes y flojos de sus escritos, sino que podíamos estudiar alternativas, responder a dudas, etc. Las primeras reuniones fueron muy largas (entre una y dos horas, por grupo), las últimas, mucho más reducidas (entre 15 y 30 minutos por grupo).

- *Seguir los consejos de los alumnos.* A lo largo de todo el curso hice mucho caso a las sugerencias que me fueron haciendo los alumnos. Lo hice más que nada porque aunque sabía bien qué es lo que quería conseguir, no tenía nada claro qué es lo que se podía conseguir. A posteriori, ha sido muy positivo hacerles caso: se sintieron involucrados en el proyecto, y aprendieron mucho más de las experiencias. Una ventaja añadida es que si alguna idea salía mal —todo era experimental, al fin y al cabo—, no perdían la fe en el proyecto.

Fue muy importante que el riesgo que representaba esta actitud se hiciera explícito. A los alumnos se les dijo claramente que esto era una experiencia nueva, qué había un riesgo y por lo tanto podía salir mal. Les aseguré que no iban a salir perjudicados si el proyecto no tenía los resultados esperados. Esto les animó a experimentar y a ser más creativos, lo cual es otro beneficio de este curso.

10. Conclusiones

He presentado un nuevo método de aprendizaje que he usado durante el curso 1999-2000 en la asignatura Estructura de Computadores de tercer curso de la Ingeniería Técnica de Informática de Sistemas. El método consiste en hacer que los alumnos aprendan los contenidos de la asignatura escribiendo sobre ella. En las clases, en vez de dedicar el tiempo a explicar el contenido de un tema, se dedica a estudiar cómo puede exponerse el mismo. Al final del año los alumnos han escrito cinco informes en los que explican los fundamentos de la asignatura. El resultado obtenido en conjunto puede considerarse muy bueno, tanto desde el punto de vista del profesor, como de la evaluación hecha por los alumnos.

Con este método se consigue un aprendizaje con buenas raíces, que permite al

alumno establecer conexiones entre un tema y otro y entre esta asignatura y otras. Aumenta la independencia del alumno que ha de aprender buscar información, comprenderla y exponerla. Como no podía ser menos, este método incrementa la capacidad de comunicación –tanto de lectura como de escritura– de los alumnos.

Para poder ser efectivos hay que tener en cuenta que el método refuerza el conocimiento conceptual, pero que deja un tanto de lado otros, como la capacidad de la resolución de problemas. Otra dificultad que hay que vencer es buscar formas de hacer que los alumnos, manteniendo su iniciativa de elección de qué escribir y cómo escribir, no abusen de esta libertad para evitar aprenderse las partes más difíciles de la asignatura.

Aprender a través de la escritura requiere paciencia y trabajo tanto del profesor como de los alumnos, pero se consigue un tipo de aprendizaje que es muy difícil de conseguir con el método tradicional.