

Aplicación del aprendizaje basado en problemas a la parte de laboratorio (MINIX) de una asignatura de Sistemas Operativos

Carlos E. Vivaracho Pascual

Departamento de Informática
Universidad de Valladolid
E.T.S. Ing. Informática. Campus Miguel Delibes. 47011 Valladolid
cevp@infor.uva.es

Resumen

En el presente trabajo se muestra una adaptación del método del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) a la parte de laboratorio de una asignatura de Sistemas Operativos, parte basada en el estudio y modificación del sistema operativo MINIX. Se busca que sea el alumno el que construya el conocimiento (aprenda), apoyado en el grupo y mediante la resolución de problemas, mientras el profesor ejerce de orientador y tutor. Se pretende, además, que el alumno trabaje competencias genéricas o transversales como son la responsabilidad, la capacidad de organizar su tiempo, la toma de decisiones, el trabajo en equipo y las habilidades de expresión escrita, entre otras. Las limitaciones temporales y de entorno hacen que la metodología tenga ser adaptada al escenario de aplicación indicado, sin embargo, la dinámica planteada cumple con los objetivos, beneficios y características del ABP.

1. Introducción

El método del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) se desprende de la teoría constructivista del aprendizaje, en la que el conocimiento se construye activamente por el estudiante, que lo va incorporando mediante instrumentos de estudio y asimilación teórico-práctica, lo que provoca que el alumno se erija en un actor activo, consciente y responsable de su propio aprendizaje [7].

Basado en estos principios, el ABP es un método de aprendizaje que se apoya en el uso de problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos [1].

Desde sus orígenes allá por la década de los 60's en la escuela de medicina en la Universidad de Case Western Reserve en los Estados Unidos y

en la Universidad de McMaster en Canadá [2], este método ha sufrido diversas modificaciones y adaptaciones, manteniendo, sin embargo, sus características principales:

- Método de aprendizaje basado en el alumno, que participa activamente en la adquisición de su conocimiento, asumiendo mayor responsabilidad en su formación.
- El aprendizaje se realiza en pequeños grupos, en los que tiene que existir una interacción positiva y activa de todos sus miembros, estimulando el trabajo colaborativo.
- El docente juega un papel de orientador o tutor. Es el alumno/grupo el que marca el ritmo de trabajo.
- El núcleo central del proceso de aprendizaje es la resolución de problemas, en la que los estudiantes tendrán que integrar nueva información, que tienen que buscar o que poseen otros compañeros, con conocimientos ya adquiridos. Es importante tener en cuenta que el objetivo fundamental no es resolver el problema, éste es un medio para el aprendizaje.

Entre los beneficios buscados para el alumno con la aplicación del ABP como método docente podemos destacar [7][2][6][3]:

- Fomentar su libertad responsable.
- Facilitar el desarrollo de habilidades interpersonales.
- Acrecentar las habilidades para la solución de problemas, por lo tanto, para enfrentarse a situaciones nuevas.
- Favorecer la habilidad de búsqueda de nueva información.
- Ofrecer oportunidades de colaboración para construir conocimiento.

- Estimular el desarrollo del sentido de colaboración como miembro de un equipo, para alcanzar una meta común.
- Desarrollar habilidades de análisis y síntesis de información.
- Favorecer la habilidad de adquisición de nuevo conocimiento y su integración con el ya adquirido.
- Aprender a planificar su tiempo y tomar decisiones.

Para que estos beneficios sean efectivos es necesario que los objetivos de aprendizaje estén perfectamente definidos a priori. En [5] podemos encontrar los 5 elementos a tener en cuenta al plantear estos objetivos: ¿Qué habilidades cognitivas importantes deben desarrollar mis estudiantes?, ¿Qué habilidades afectivas y sociales?, ¿Qué habilidades metacognitivas?, ¿Qué tipo de problemas deben resolver? y ¿Qué conceptos y principios deben estar en capacidad de aplicar?

Es importante tener en cuenta, también, que los problemas planteados, entre otros requisitos (ver apartado 4), deben ser poco estructurados, abiertos a múltiples soluciones, permitir la aplicación de conocimientos adquiridos y necesitar de nuevos.

En el presente trabajo se muestra una adaptación de la metodología presentada a la parte de laboratorio de la asignatura Ampliación de Sistemas Operativos, asignatura de segundo curso de la Ingeniería Técnica Informática de Gestión de la Universidad de Valladolid.

En esta parte se afianzan y amplían los conocimientos adquiridos en la parte de teoría mediante el estudio y modificación del sistema operativo MINIX. La calificación obtenida supone el 25% de la calificación final de la asignatura.

El ABP puede ser usado como una estrategia general a lo largo del plan de estudios, o bien ser implementado como una estrategia de trabajo a lo largo de un curso específico, e incluso como una técnica didáctica en una determinada asignatura [2]. Este último es nuestro caso, en el que desde hace dos cursos se ha cambiado la estructura tradicional basada en explicación del profesor seguida de práctica, por otra basada en ABP.

El resultado de la experiencia es muy positivo, en opinión del profesor, ya que, además de mejorar el proceso de aprendizaje, los alumnos

adquieren una serie de habilidades y competencias importantes para el posterior desarrollo de su actividad profesional. Esto se nota, por ejemplo, en la mejoría observada en los trabajos finales entregados.

Todo lo que se va a exponer en el presente artículo, así como los materiales correspondientes, se pueden encontrar en la página Web de la asignatura: <http://www.infor.uva.es/~cevp/ASO>.

El resto del artículo se organiza como sigue. Empezaremos mostrando (apartado 2) los objetivos perseguidos. Los siguientes apartados siguen el esquema de fases planteado en [4] para el aprendizaje basado en proyectos, pero que son perfectamente aplicables a nuestro caso. En el apartado 3 se mostrará la *fase 1* o *inicio*, donde cada miembro del grupo adquiere de manera independiente los conocimientos básicos que permitan abordar el problema. En el apartado 4 se puede ver la *fase 2* o *actividades iniciales del grupo*, en las que se define el problema a resolver, se identifican las herramientas y conocimientos necesarios y se plantea el esquema de trabajo a seguir. La *fase 3* o *realización del trabajo*, en la que se resuelve en grupo el problema elegido en la fase anterior, se muestra en el apartado 5. El *resultado final (fase 4)* a entregar se describirá en el apartado 6. Los criterios y forma de *evaluar* el trabajo (*fase 5*) se muestran en el apartado 7. Para acabar en el apartado 9 se mostrarán las conclusiones, pero antes (apartado 8) se hará una breve valoración de la experiencia.

2. Objetivos

Como se ha comentado es fundamental tener perfectamente definidos los objetivos de aprendizaje a priori, y que estos sean conocidos por el alumno. En nuestro caso son los siguientes:

- *Objetivos específicos* (conocimientos):
 - Afianzar los conocimientos adquiridos en la asignatura de Sistemas Operativos y Ampliación de Sistemas Operativos, aplicando esos conocimientos en el estudio y modificación del sistema operativo MINIX.
 - Profundizar y ampliar el conocimiento de las distintas partes que componen el sistema operativo, así como el de su administración y utilización como usuario.

Dado que MINIX está realizado en lenguaje C, un objetivo adicional que se consigue con estas prácticas es la profundización por parte del alumno en el conocimiento de este lenguaje de programación.

- *Objetivos transversales* (habilidades). Se busca fomentar en el alumno:
 - La responsabilidad.
 - La capacidad de aprender de manera autónoma.
 - La habilidad de buscar información.
 - La capacidad de trabajar de manera cooperativa, debatir y tomar decisiones en grupo.
 - El desarrollo de habilidades de expresión escrita.

3. Fase 1: Inicio

El objetivo de esta parte es que los alumnos adquieran los conocimientos básicos que les permitan enfrentar y comprender el problema a resolver.

En nuestro caso estos conocimientos son de dos tipos: 1) conceptos básicos acerca de sistemas operativos y 2) estructura interna de MINIX.

Los primeros los adquieren en las dos asignaturas sobre sistemas operativos que tienen durante el curso, por lo que los podemos considerar como conceptos y principios que los estudiantes están en capacidad de aplicar. Los segundos deben adquirirlos.

La única explicación directa del profesor se realiza en esta fase y consiste en una sesión de 2 horas (la primera del laboratorio) donde se expone la estructura de MINIX, y la organización de sus ficheros de fuentes. A partir de aquí, el papel del profesor pasa a ser el de guía y “facilitador”.

Una de las características interesantes dentro de lo que son los principios clásicos del ABP, es que la información requerida para abordar los problemas ha de ser de carácter interdisciplinar [6]. En nuestro caso esto no es posible, así que se suple haciendo que cada miembro del grupo posea una parte de los conocimientos necesarios para la resolución del problema. Una ventaja adicional de esta dinámica de trabajo es que favorece la interacción (interdependencia) positiva en el grupo, ya que cada miembro posee una parte del

conocimiento necesario para resolver el problema final.

Concretamente, los conocimientos previos a adquirir sobre MINIX se dividen en tres partes: 1) procesos y reloj, 2) interrupciones y mensajes y 3) memoria. Cada miembro del grupo (*los grupos son de tres miembros*) escoge una parte y será responsable de su aprendizaje, ya que se va a necesitar para abordar el problema final.

Este aprendizaje se realiza mediante ABP, ya que está basada en la resolución de una serie de problemas que el profesor propone para cada parte. Dadas las limitaciones temporales, para esta fase el profesor pone a disposición de los alumnos la información necesaria, para facilitar su búsqueda y que así pueda ser realizada en el menor tiempo posible.

La resolución de los problemas se realiza en grupo de “expertos”, ya que se juntan en el laboratorio miembros de varios grupos a los que les haya tocado la misma parte.

La evaluación de esta fase es simplemente si los problemas están correctamente resueltos o no. No hay calificación, pero es imprescindible para poder pasar a la siguiente fase. Cada grupo pasará a ésta cuando todos sus miembros hayan concluido el trabajo propuesto.

4. Fase 2: Actividades iniciales del grupo

En esta fase el grupo elige el problema a resolver y define su esquema de trabajo.

Entre las características que debe tener el problema podemos destacar las siguientes [2]:

- Pertinente. Debe estar en relación con los objetivos del curso.
- Relevante. Si puede ser que esté relacionado con problemas o sucesos de la vida real o que los estudiantes se puedan encontrar en su vida laboral.
- Complejo. Debe permitir diversidad de soluciones, de manera que lleve a los alumnos a tomar decisiones de manera justificada. Los problemas deben requerir que los estudiantes definan qué información es relevante y qué pasos o procedimientos son necesarios con el propósito de resolver el problema.
- Cooperativo. Debe ser necesaria la cooperación de todos los miembros del grupo para su realización.

- Integrador. Debe permitir la integración de los conocimientos previos del alumno con los nuevos que se adquieran en su resolución.

La dinámica de trabajo es como sigue. El profesor propone una serie de temas o problemas genéricos a abordar relacionados con los objetivos del curso, sin más definición que un título genérico, como por ejemplo: monitorización o modificación del sistema de memoria, creación de comandos, monitorización o modificación del algoritmo planificación de CPU, modificación del Shell, etc.

El grupo debe reunirse y decidir qué tema elige. Una vez decidido el tema tiene que definir o concretar el problema que quieren resolver, como por ejemplo: “Modificación y ampliación del comando who”, “Estudio del tiempo de CPU consumido por cada proceso”, “Implementación de los algoritmos de planificación de CPU SJF apropiativo, Round Robin y FCFS”, “Mecanismo de asignación-liberación de memoria. Best-fit, Worst-fit y Next-fit” o “Creación de un MNX Messenger”.

Dados los temas propuestos, los conocimientos que poseen son necesarios para tomar la decisión indicada, pero no suficientes para resolver el problema, teniendo que ampliarlos durante esta resolución.

El resultado final de esta parte es un documento de propuesta de trabajo (de una hoja, aproximadamente) que tienen que enviar al profesor antes de una fecha límite y cuyo contenido debe ser el siguiente:

- *Título*.
- *Introducción*. Brevemente se expondrán las motivaciones, líneas generales, fundamentos teóricos (si es necesario) o información de partida, justificación, etc., del problema a realizar.
- *Objetivo*. Donde se indicará qué se quiere hacer.
- *Resumen*. De manera resumida se explicará el problema que se quiere realizar y el esquema de trabajo.
- *Bibliografía* que se considera necesaria.

Una vez recibido el documento el profesor evalúa si la propuesta es factible o no, así como su nivel de dificultad, enviando a cada grupo los comentarios y/o consejos que considere. Si la

propuesta es demasiado compleja o demasiado fácil, es rechazada y se les pide que la vuelvan a realizar, orientándoles en la modificación.

5. Fase 3: Realización del trabajo

En esta fase cada grupo trabaja por su cuenta, planificando este trabajo como considere. La labor del profesor es de simple tutela, estando a disposición de los alumnos para resolver u orientarles en aquellas dudas o dificultades que les surjan durante la realización del problema.

Como en el caso de la fase anterior el profesor propone un límite para la finalización de esta parte, pero tanto la entrega final (que se verá en el siguiente apartado), como su evaluación pueden ser realizadas cuando quiera el grupo. Es decir, el profesor propone una fecha límite máxima, pudiendo el grupo finalizar el trabajo antes de esa fecha si lo desea.

6. Fase 4: Resultado final

Como resultado final cada grupo tiene que enviar antes de una fecha límite una memoria del trabajo realizado. El resultado del problema resuelto, que implica una modificación en los fuentes de MINIX, se evaluará como se comentará a en el siguiente apartado.

Para fomentar las habilidades de redacción de documentos se les orienta en cuanto al contenido de la memoria final, proponiendo el siguiente:

- *Título*.
- *Introducción*. Donde se dé una visión general del trabajo realizado, motivaciones, justificación, dificultades, comentarios que se consideren de interés para entender el resto del documento y del trabajo realizado, etc. No debe ser excesivamente larga.
- *Objetivo*.
- *Fundamentos teóricos*, de aquellas partes del trabajo realizado que se considere necesario explicar, porque su conocimiento no se tuviera antes de la realización del trabajo.
- *Descripción del trabajo realizado*.
- *Conclusiones*. Donde se haga un breve resumen del trabajo, indicando los logros conseguidos en relación con el objetivo inicial propuesto y sus aportaciones.
- *Propuestas de ampliación*, si que considera que las hay.

- *Bibliografía.*
- *Anexo I: Trabajo en grupo.* Aquí se debe indicar brevemente como ha trabajado el grupo para realizar el Problema, valorando el trabajo y aportaciones de cada miembro. Si ha existido alguna dificultad. Etc.

7. Fase 5: Evaluación

Se plantea una evaluación que valore los resultados de acuerdo a los objetivos planteados, teniendo en cuenta, además, el conocimiento y trabajo que cada alumno aporte al proceso de razonamiento grupal [2].

El 80% de la calificación final es el resultado obtenido del problema planteado, entendiendo por “resultado” no tanto el producto final, si no los conocimientos, tanto ya adquiridos antes como nuevos, que se han aplicado; un grupo, como ha pasado, puede no haber resuelto el problema que se planteaban (alguno son muy complejos) y tener una buena calificación según el criterio de valoración indicado. El 20% restante es la calificación de la documentación escrita entregada, en la que se valora la claridad, formato y organización de lo escrito, en definitiva, la habilidad de expresión escrita.

La evaluación del resultado final del problema se realiza mediante defensa oral del mismo en el laboratorio, de manera que en esa calificación no sólo interviene el resultado, si no también, la defensa realizada. Para esta defensa oral, el profesor va realizando preguntas acerca del trabajo realizado a distintos miembros del grupo escogidos de manera aleatoria. Se intenta que todos intervengan.

En la valoración de los resultados del aprendizaje de contenidos [2], se establecen 3 niveles de dificultad en el problema resuelto. Estos niveles intentar valorar los conocimientos previos necesarios para resolver el problema y los nuevos que se van a adquirir. Dependiendo del nivel, la calificación máxima obtenida en esta parte será, ordenada de más a menos complejidad en el problema a resolver: de 10 (nivel 1), 8 (nivel 2) y 6 (nivel 3). El nivel del problema es conocido por el grupo nada más realizar su propuesta (fase 2), ya que en el informe que devuelve el profesor va este dato. Si el grupo quiere modificar este nivel, puede modificar su propuesta.

En principio todos los miembros del grupo tienen la misma calificación, salvo que el contenido del anexo 1 de la memoria, donde se recoge la valoración de lo aportado por cada miembro del grupo, o la defensa realizada en la evaluación oral del trabajo realizado, haga que esa calificación se tenga que modificar de manera individual.

8. Valoración de la actividad

Para esto sólo se cuenta con la observación del profesor. En este caso, el profesor implicado en la actividad no ha realizado ningún tipo de encuesta, o método similar para pedir la opinión del alumno de manera formal, ya que considera que los alumnos están saturados de ellas, al tener varias durante el curso... Para esta valoración sí que se tienen, sin embargo, datos de conversaciones con algunos grupos de manera informal.

Para una valoración más completa, es conveniente comparar la dinámica expuesta con la anterior, que consistía en la tradicional de laboratorio, es decir: el profesor explicaba cada una de las partes de MINIX indicadas en el apartado 3 y a continuación cada grupo realizaba una práctica muy sencilla (no había tiempo para más) sobre lo explicado. Se dejaba para el final la realización de una propuesta de modificación de MINIX, pero, o no daba tiempo, o el que quedaba era tan corto que su realización era voluntaria, de manera que muy pocos grupos la hacían y el resultado era, además, bastante pobre.

Realizar una comparación de las calificaciones obtenidas con el nuevo método y el anterior es imposible, ya que la forma de evaluar es completamente diferente (mucho más exigente ahora), sin embargo, sí se puede comentar que con la nueva dinámica, ha aumentado el número de grupos que realizan la modificación (problema), mejorando notablemente la calidad y complejidad de ésta, lo que muestra una mejora de los conocimientos adquiridos. Aunque no todos los miembros del grupo trabajan cada parte de MINIX (según se ha visto en el apartado 3), de la evaluación oral de los resultados se aprecia la efectividad de la puesta en común en el grupo de los conocimientos adquiridos, ya que en muy pocas ocasiones se ha tenido que modificar la nota de algún alumno por una defensa deficiente del trabajo realizado.

Bajo el punto de vista del profesor la dinámica planteada mejora la motivación del alumno (obviamente, no de todos...), ya que muchos grupos, tras la propuesta inicial, vuelven a hablar con el docente para ver cómo pueden aumentar el grado de dificultad de ésta.

En cuanto al índice de abandono, es similar al de no presentados de la asignatura. Prácticamente todos los grupos que inicialmente empiezan el laboratorio llegan hasta la *fase 2*, sin embargo no todos presentan el trabajo final (en el apartado 8.1 se muestran los números). Un dato curioso, en este sentido, es que no se ha dado el caso de abandono de un miembro particular de un grupo: o todo el grupo abandona o todo el grupo llega al final. Una cuestión interesante a analizar es el por qué algunos alumnos que abandonan la parte de laboratorio, aún contando el 25% de la nota de la asignatura, no abandonan ésta, presentándose a examen. Las razones pueden ser múltiples: fallo del grupo, no entender los conceptos trabajados, no querer realizar el esfuerzo de la parte que más trabajo requiere del laboratorio, etc. Este análisis se deja para trabajos futuros.

La división del trabajo en niveles de dificultad del problema a resolver y su efecto en la calificación se considera muy positiva, ya que permite adaptar el trabajo a la capacidad y motivación de cada grupo. Los alumnos lo han aceptado de manera muy natural.

La dinámica de trabajo expuesta se lleva realizando en los dos últimos cursos y es interesante constatar como la manera genérica de proponer los temas, ha hecho que los trabajos realizados sean completamente diferentes, sin tener que cambiar cada año esos temas. En el segundo año de aplicación sólo unos pocos trabajos eran copias de los del año anterior, y esto siempre ha ocurrido cuando en el grupo había algún repetidor.

Por último, indicar que también ha mejorado la motivación y satisfacción del docente, sin que la implantación del método que se expone haya supuesto un trabajo extra. Esto se debe, por un lado, a que el material que se les deja es el mismo que se utilizaba para la explicación en la metodología anterior; lo único que ha habido que hacer es pasarlo a "limpio". Por otro lado, se ha sustituido trabajo de explicación, por trabajo de orientación y valoración de propuestas. El único "esfuerzo extra", y bienvenido sea, es la

evaluación del trabajo final, ya que antes casi ningún grupo llegaba a esta parte.

8.1. La metodología y el número de alumnos

Un dato importante a la hora de valorar una metodología es el efecto que sobre su aplicación puede tener el tamaño del grupo alumnos. En este caso es importante indicar que la aplicación de la metodología presentada es independiente de ese parámetro, ya que son los alumnos los que trabajan durante el curso, siendo el profesor un mero orientador. El único efecto es el número de trabajos a evaluar.

Como se ha comentado, los alumnos pueden presentar ese trabajo cuando quieran durante el curso, realizando esta evaluación durante una sesión de laboratorio. Para aquellos que prefieran ir a fechas límite (en la realidad, la mayoría) se reservan las últimas sesiones de laboratorio para ello. El único efecto práctico del número de alumnos es, entonces, el número de sesiones de laboratorio a emplear para evaluar los trabajos.

Por dar algunos datos cuantitativos, el número de alumnos matriculados en la asignatura en el curso 06-07 fue de 149, de los cuales 116 (44 grupos) se apuntaron a laboratorio siendo el número de trabajos finales presentados de 24. En el curso 07-08 el número de alumnos matriculados fue de 103, de los cuales 89 (35 grupos) se apuntaron a laboratorio siendo el número de trabajos finales presentados de 23. Como se puede ver el porcentaje de grupos que, con respecto a los iniciales, llegan hasta el final aumentó el segundo año, siendo este número de casi el 70%, mientras el primer año fue del 55%.

9. Conclusiones

En el presente artículo se ha presentado una adaptación del método del Aprendizaje Basado en Problemas a la parte de laboratorio de una asignatura de Sistemas Operativos.

Tras dos años de implantación del método expuesto, se puede considerar que el cambio ha sido muy positivo mejorando tanto la formación del alumno como su motivación. También ha mejorado el grado de satisfacción del docente.

Aunque de alcance muy limitado, la experiencia sólo se ha realizado en una parte de una asignatura, los resultados nos hacen considerar al ABP como un método de

aprendizaje muy interesante y con grandes ventajas para una formación más completa del alumno.

Con respecto a las partes a mejorar, podemos comentar que sería interesante incluir en la evaluación una valoración más objetiva de los objetivos transversales, lo que pudiera hacer que su peso en la calificación final fuera mayor. Una alternativa es el uso de rúbricas.

Agradecimientos

A los miembros del grupo GREIDI de la Universidad de Valladolid (www.greidi.uva.es), dentro de cuyas actividades se ha realizado el trabajo presentado en el presente artículo.

Referencias

- [1] Barrows, H., *Problem-Based Learning in Medicine and Beyond: A Brief Overview*, Bringing Problem-Based Learning to Higher Education: Theory and Practice (Wilkerson, L. y Gijsselaers, W.H., eds.), Jossey-Bass Publishers, pp. 3-12, 1996.
- [2] Dirección de Investigación y Desarrollo Educativo (Ins. Tec. y de Estudios Superiores de Monterrey), *El Aprendizaje Basado en Problemas como técnica didáctica*, en www.sistema.itesm.mx/va/dide/documentos/inf-doc/abp.pdf, última consulta: 10-2-2009.
- [3] EDUTEKA, *Aprendizaje por Proyectos*, NorthWest Regional Educational Laboratory, <http://www.eduteka.org/AprendizajePorProyectos.php>, última consulta: 10-2-2009.
- [4] Galena de la O, Lourdes, *Aprendizaje Basado en Proyectos*, Revista CEUPROMED (<http://ceupromed.ucoj.mx/revista/>), 2006.
- [5] Herman, J.L., Aschbacher, P.R., & Winters, L., *A practical guide to alternative assessment*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development. (ERIC Document Reproduction Service No. ED352389), 1992. En: http://eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/13/01/df.pdf, última consulta: 10-2-2009.
- [6] PBLI group, <http://www.pbli.org/core.htm>, última consulta: 10-2-2009.
- [7] Santillán Campos, Francisco, *El Aprendizaje Basado en Problemas como propuesta educativa para las disciplinas económicas y sociales apoyadas en el B-Learning*, Revista Iberoamericana de Educación (ISSN: 1681-5653), Vol. 40, N. 2, 10 de octubre de 2006.

