

# Herramientas de apoyo a la docencia de Sistemas Operativos

Juan José Domínguez, Antonia Estero

Dept. de Lenguajes y Sistemas Informáticos  
Universidad de Cádiz

11003 Cádiz

e-mail: [juanjose.dominguez@uca.es](mailto:juanjose.dominguez@uca.es), [antonia.estero@uca.es](mailto:antonia.estero@uca.es)

## Resumen

Se presentan las experiencias y posibilidades docentes que tiene el empleo de dos herramientas creadas para la docencia de Sistemas Operativos. Éstas son dos simuladores, uno de los algoritmos de planificación de la CPU, y otro de los algoritmos de sustitución de páginas, elaborados como aplicaciones Web en Java.

## 1. Introducción

La enseñanza en cualquier materia tiene como fin el aprendizaje eficaz por parte del alumnado. Hoy en día el empleo de nuevas tecnologías, como multimedia, Internet, etc., nos permite elaborar nuevas técnicas de aprendizaje, en beneficio de una educación más extendida y de mayor calidad.

Toda técnica o instrumento desarrollado para facilitar la labor de la enseñanza debe ser capaz de provocar la actividad del alumno, ya que éste no es un ente pasivo.

Antes de comenzar a impartir cualquier tipo de enseñanza deben fijarse unos objetivos. Éstos nos van a permitir determinar el material a emplear, así como las posibles técnicas que nos ayudarán a conseguirlos.

Podemos considerar tres tipos básicos de software educativo, según [1]:

- β *Programas tutoriales* en los que la estrategia pedagógica empleada es del tipo ejercicios. De este modo, mediante preguntas se provoca el aprendizaje por parte del alumno de los conceptos objeto de estudio.
- β *Tutores inteligentes*, similares a los anteriores, pero utilizan los resultados de los ejercicios de los alumnos como base de las decisiones

pedagógicas, adaptando de esta forma el nivel de enseñanza a la capacidad de aprendizaje del alumno.

- β *Simuladores* que crean un entorno simulado, que permite al alumno, mediante la exploración y la experimentación, adquirir y reafirmar sus conocimientos. En este caso, el objetivo de este software es ser una herramienta que potencie el desarrollo de las habilidades cognitivas del alumno.

Finalmente, todo resultado que se obtenga debería ser susceptible de medida, con objeto de poder evaluar la eficacia de las técnicas y herramientas empleadas en la docencia, para determinar si nos han ayudado o no a conseguir los objetivos iniciales.

## 2. La docencia en Sistemas Operativos

La materia Sistemas Operativos presenta una dificultad inherente en su docencia debido a que la realización de ejercicios prácticos sobre los diferentes conceptos teóricos explicados puede ser muy laboriosa, debido no sólo a la gran cantidad de componentes que intervienen y a su dificultad, sino también a la existencia de distintas alternativas.

Dentro de la docencia de Sistemas Operativos existen dos áreas como son los algoritmos de planificación del procesador y los de sustitución de páginas, que se caracterizan por poseer un amplio rango de posibilidades.

El método *clásico* de enseñanza de estos algoritmos, en pizarra o mediante el empleo de transparencias, produce una actitud pasiva en el alumnado, dado que la metodología didáctica consiste en la explicación de los algoritmos y,

posteriormente, en su aplicación a un caso muy sencillo para determinar los resultados que producen y realizar una comparación entre ellos. Ésta técnica no permite evaluar situaciones complejas.

Otro problema al que nos enfrentamos es la dificultad de realizar una comparativa exhaustiva de los diferentes algoritmos, por lo que suele recurrirse a enumerar los estudios realizados por diversos autores de la bibliografía.

Por este motivo, surgió la idea de elaborar dos herramientas que mejoraran la calidad de la enseñanza en dos aspectos concretos de la materia: los algoritmos de planificación del procesador y los de sustitución de páginas.

### 3. Herramientas de apoyo a la docencia

Las herramientas de apoyo, elaboradas como Proyectos Fin de Carrera por alumnos de la propia Ingeniería Técnica en Informática de Gestión de la Universidad de Cádiz, se encuentran dentro de la categoría de *simuladores* en la clasificación del software educativo expuesta inicialmente. Éstas se denominan:

- β *Simulador de los algoritmos de sustitución de páginas* [2].
- β *Simulador de los algoritmos de planificación de la CPU* [3].

El empleo de éstas en la labor docente nos ha permitido desarrollar nuevas técnicas y la realización de un aprendizaje más activo por parte del alumno.

Estas herramientas están elaboradas en Java y se han desarrollado como aplicaciones Web, lo que permite ejecutarlas desde cualquier ordenador que posea un navegador de Internet.

La utilización de éstas en la docencia cumple dos funciones. Por un lado, permiten al docente desarrollar una explicación de los algoritmos con ilustraciones sobre su comportamiento, así como apoyar esta explicación con la realización de diversos ejemplos de complejidad superior a la que permite el método clásico. Esta exposición requiere que el aula donde se imparten las clases teóricas disponga de un videoproector conectado a un ordenador.

La otra función se cumple al ser *herramientas que están a disposición de los alumnos*, y por tanto pueden emplearlas en cualquier momento desde su ordenador, de este modo permiten *motivar al alumno* en la comprensión de los algoritmos empleados.

En nuestro caso, las herramientas están disponibles para todos los alumnos en un directorio público de la asignatura. De este modo el alumno puede ejecutarlas directamente o llevárselas a su ordenador. Se espera que en un futuro próximo se encuentren en la página Web de la asignatura, permitiendo de este modo que se pueda acceder a ellas a través de Internet.

En los siguientes apartados comentaremos las principales ventajas que puede obtener el alumnado del empleo de estas herramientas.

#### 3.1. Reforzar conceptos

Los simuladores se conciben como unas herramientas que permiten ilustrar de forma gráfica una serie de algoritmos y conceptos. Un problema que se encuentra el alumnado cuando los estudia, es la dificultad inherente a su comprensión dado que debe realizar un esfuerzo de abstracción para poder observar qué es lo que realiza el sistema cuando emplea uno de estos algoritmos.

Mediante el uso de estas herramientas, el alumno puede observar de forma gráfica el funcionamiento de los algoritmos, observando con detenimiento cómo se comporta el sistema. Esto permite *reforzar y aclarar conceptos* que previamente han sido adquiridos en las clases teóricas.

#### 3.2. Realización de ejercicios

Toda metodología docente requiere que después de una explicación de conceptos, el alumno realice una serie de ejercicios que permitan reforzar los conocimientos adquiridos. La técnica habitual consiste en distribuir una relación de problemas para que el alumno los pueda efectuar.

Una de las características de los dos simuladores empleados es la posibilidad que tiene el alumno de llevar a cabo tanto los ejercicios que se le proponen en clase, como los planteados por él mismo, ya sea introduciendo manualmente los

datos, o bien generándolos aleatoriamente. Esto le permite disponer de *un mayor rango de ejercicios* con los que poder comprobar su grado de aprendizaje. De este modo, es el propio alumno el que puede generar su propia relación de problemas, incidiendo en aquellos donde su grado de aprendizaje sea menor.

### 3.3. Supervisión de ejercicios

La realización de ejercicios por parte del alumno como labor para determinar su grado de comprensión de los conceptos teóricos tiene el problema de conocer si las soluciones aportadas son correctas.

La realización de éstos en el simulador no sólo permite obtener el resultado final, sino también la visualización, paso a paso, del proceso llevado a cabo. Esto ayuda a desarrollar la actividad cognitiva del alumno, dado que en todo momento puede determinar su grado de comprensión del algoritmo, al tener que especificar en cada paso qué es lo que va a suceder. El simulador verificará la respuesta del alumno, indicándole si comete algún tipo de error y cuál hubiera sido la respuesta correcta.

De este modo, el alumno puede realizar *ejercicios supervisados* por el simulador, lo que estimula su aprendizaje al conocer rápidamente, y sin necesidad de recurrir a un profesor, la corrección de sus ejercicios.

### 3.4. Ejercicios complejos

Una de las características más destacadas de los simuladores es que proporcionan la posibilidad de realizar ejercicios con un grado de complejidad muy superior al que se puede alcanzar normalmente durante la explicación con métodos clásicos o al que se encuentra en la mayor parte de la bibliografía.

Si nos fijamos en los algoritmos de planificación de la CPU podemos suponer el siguiente enunciado: «Sea un sistema con un algoritmo de planificación de la CPU multinivel realimentado con N colas, donde el algoritmo entre colas es de prioridades no apropiativo. Cada cola posee un cuanto de  $2^n$ , siendo n el número de ésta. Además, para evitar la inanición de los procesos que requieran mucho tiempo de CPU, cada cola posee un tiempo de espera máximo de

los procesos, de forma que transcurrido éste, el proceso pueda subir de cola. También, con objeto de que los procesos no bajen rápidamente de nivel, cada uno puede dar X vueltas antes de bajar al siguiente. Los M procesos que se van a ejecutar en el sistema poseen diversas ráfagas de CPU y de E/S».

Cualquier docente puede comprender la dificultad que entraña la realización de este ejercicio, ya no sólo por el algoritmo en sí, sino porque los procesos no van a tener una única ráfaga de CPU como se suele suponer en las explicaciones teóricas y los ejemplos de la bibliografía.

La posibilidad de llevar a cabo este ejercicio presenta dos ventajas. Por un lado, dada su dificultad normalmente muy pocos alumnos se atreverían a intentarlo. Además, la existencia de numerosos parámetros hace que su ejecución manual sea muy compleja.

Con el simulador, la realización se simplifica dado que podemos ver gráficamente en todo momento la situación de cada proceso, y cualquier fallo que se pueda cometer será siempre supervisado por éste. En la figura 1 podemos ver una instantánea del estado de las colas de procesos durante la elaboración de este ejercicio.

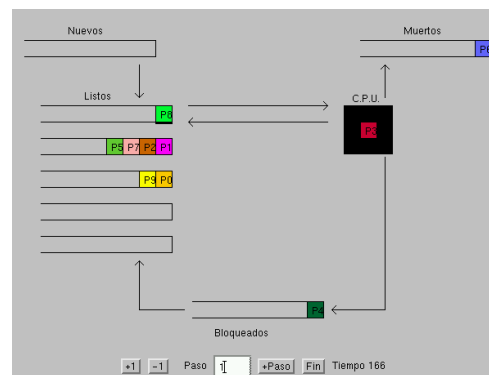


Figura 1. Ejercicio sobre el planificador de la CPU

Esta posibilidad de realizar *ejercicios complejos* estimula la actividad de aprendizaje del alumno, dado que él se encarga de tomar las decisiones pedagógicas adaptando el nivel de dificultad de los ejercicios a su nivel de conocimiento. Esto conlleva no sólo el aprendizaje de la materia, sino también *conocer*

en todo momento el dominio que se posee sobre ella.

### 3.5. Visualización global del sistema

La docencia en Sistemas Operativos no puede nunca perder de vista, que aunque se esté explicando un determinado concepto o módulo del sistema, hay que intentar mantener una visión global de éste debido a la relación existente entre todos sus elementos.

Sin embargo, cuando se abordan los diferentes algoritmos de planificación o de sustitución de páginas, una vez presentado el contexto donde se utilizan, es habitual centrarse en el propio algoritmo para facilitar su aprendizaje. Esto conlleva olvidar las diferentes estructuras del sistema que están relacionadas. Así, por ejemplo, la explicación de un algoritmo de sustitución de páginas, se apoya simplemente en el estado en que quedaría la memoria física tras una serie de referencias. Esto puede llevar a que el alumno pierda la visión global del sistema, y no consiga posteriormente relacionarlo con el resto de estructuras.

El simulador además de permitirnos realizar múltiples ejercicios y de muy variada dificultad nos puede ayudar a obtener esa visión global durante la aplicación del algoritmo. Así, conforme se va realizando la simulación, se ilustran las estructuras de datos relacionadas y los cambios que éstas sufren.

En el caso del simulador de algoritmos de sustitución de páginas, durante la ejecución paso a paso del algoritmo se puede comprobar el estado de la tabla de marcos y la tabla de páginas del proceso. Éstas no van a ser estructuras que queden al margen, sino que cualquier decisión que afecte a dichas tablas va a quedar reseñada en ellas, mostrándose de una forma visual el cambio producido. En la figura 2 podemos ver una instantánea de este simulador con las estructuras implicadas.

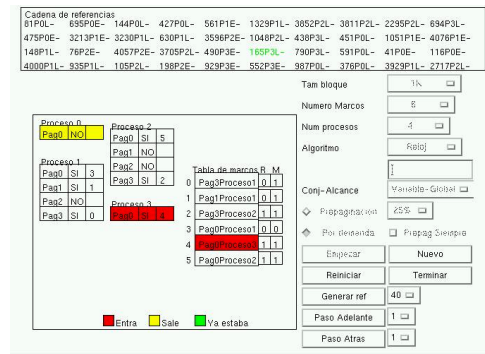


Figura 2. Visualización de las estructuras de la memoria

En este caso, el simulador no sólo va a actuar como una simple herramienta para realizar ejercicios sino que va a ayudar a comprender el funcionamiento del proceso dentro de todo el sistema y no de forma aislada. De este modo, el simulador actúa de una forma más interactiva en el proceso de aprendizaje y se comporta como un elemento más pedagógico que *proporciona al alumno una mejor visión del alcance del algoritmo que está empleando.*

### 3.6. Realización de comparativas

La docencia de cualquier materia que realice la explicación de un algoritmo conlleva indicar cuáles son las ventajas e inconvenientes de su utilización. Para ello, suele recurrirse a estudios que aparecen en la bibliografía haciéndose mención de ellos.

En este caso, tanto la actividad del docente como del alumno suele ser algo estática, dado que se limita a utilizar datos obtenidos por otros autores.

Con los simuladores es posible realizar, no sólo comparaciones entre algoritmos, sino que se pueden realizar estudios más exhaustivos de éstos, de forma que la docencia puede tener una actividad más dinámica, puesto que el alumno puede examinar por sí mismo cómo funciona el algoritmo.

Así, en la figura 3 se muestran las estadísticas que se obtienen en la simulación de los algoritmos de sustitución de páginas cuando se le suministra una cadena de 500 referencias.

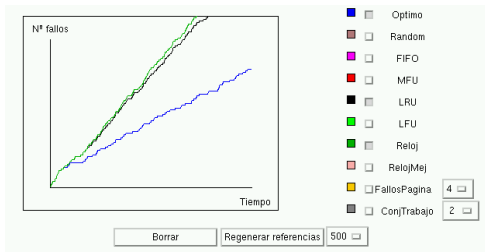


Figura 3. Estadísticas de algoritmos de sustitución

De este modo, el simulador permite realizar *estudios estadísticos*, pudiendo ayudar al alumno a comprender más fácilmente las ventajas e inconveniente de cada algoritmo.

### 3.7. Guía rápida de conceptos

Ambos simuladores disponen de una ayuda, mediante hiperenlaces, de los conceptos que se emplean en los algoritmos desarrollados. Esto permite al alumno disponer en todo momento de una *guía de consulta* sobre los conceptos que se encuentran relacionados, así como sobre el funcionamiento de los distintos algoritmos.

La figura 4 muestra un ejemplo de una página de ayuda de uno de los simuladores.

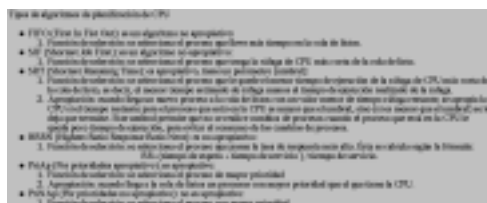


Figura 4. Guía de consulta

Dado que dicha ayuda se encuentra en forma de página Web, es fácil enlazarla a otro material del que se disponga sobre la asignatura, lo que permite aumentar su utilidad.

### 4. Evaluación de las herramientas

Estas herramientas han sido utilizadas durante la docencia de la asignatura Sistemas Operativos, de segundo curso perteneciente a la titulación de Ingeniero Técnico en Informática de Gestión de la Universidad de Cádiz, desde el curso 2000—2001.

Dado que es el primer año en el que se están empleando dichas herramientas en la docencia no podemos aportar una evaluación de su rendimiento en la labor docente. Sin embargo, es de destacar que el alumno siente una curiosidad inicial grande ante la posibilidad de disponer de utilidades que le van a permitir reforzar los conocimientos adquiridos, mediante la realización de ejercicios donde la dificultad es establecida por él mismo.

Por otro lado, la interfaz gráfica de los simuladores, y la posibilidad de ejecutarlos en su propio ordenador aumenta el interés de los alumnos de disponer de ellos.

### 5. Conclusión

Se han presentado las ventajas que se pueden obtener con el empleo de dos herramientas elaboradas para mejorar la docencia en la asignatura de *Sistemas Operativos*. Éstas permiten que el alumno sea un elemento más activo dentro del proceso de aprendizaje de la materia, permitiéndole en todo momento:

- β Realizar ejercicios propuestos en la bibliografía e incluso generar sus propios enunciados.
- β Adaptar el nivel de dificultad de éstos al grado de aprendizaje adquirido.
- β Realizar estudios estadísticos que permitan evaluar las situaciones donde conviene uno u otro algoritmo.
- β Disponer de una guía de consulta rápida de los conceptos implicados.
- β Ampliar el conocimiento proporcionado en la explicación de los algoritmos al disponer de una visión más global del alcance de éstos, al permitir visualizar las estructuras de datos implicadas.

### Referencias

[1] Antonio Vaquero Sánchez. *Informática y Educación*. Panorama Informático. Editado por Federación Española de Sociedades Informáticas. Pág. 65-96. 1996.

[2] Félix Velásquez Salas. *Herramienta de apoyo a la docencia de Sistemas Operativos: Simulador de algoritmos de sustitución de*

*páginas*. Proyecto Fin de Carrera de la Ingeniería Técnica en Informática de Gestión. Universidad de Cádiz. 1999.

- [3] Manuel Palomo Duarte. *Herramienta de apoyo a la docencia de Sistemas Operativos: Simulador de algoritmos de planificación de la CPU*. Proyecto Fin de Carrera de la Ingeniería Técnica en Informática de Gestión. Universidad de Cádiz. 1999.