

Elaboración de un software educativo usando herramientas gratuitas. Primeras evaluaciones

Ascheri, M. Eva; Astudillo, Gustavo; García, Pablo; Pizarro, Rubén; Culla, M. Eugenia
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de La Pampa - Uruguay 151 -
(6300) Santa Rosa - La Pampa - Argentina

mavacheri@exactas.unlpam.edu.ar astudillo@exactas.unlpam.edu.ar
pablogarcia@exactas.unlpam.edu.ar ruben@exactas.unlpam.edu.ar eugeculla@hotmail.com

Resumen

En un Proyecto de Investigación anterior, hemos trabajado en la elaboración de un software educativo elaborado con herramientas computacionales de tipo comercial. Mediante este software se resuelven numéricamente ecuaciones no lineales. Se usa, esencialmente, durante el desarrollo del curso de Cálculo Numérico. Los resultados logrados han sido muy satisfactorios, obteniéndose buenas respuestas académicas, promoviendo el protagonismo del educando y facilitando el trabajo que, para alumno y profesor, supone la tarea de formación.

Con el objetivo de que los estudiantes puedan disponer de un software educativo que abarque éste y otros temas de Cálculo Numérico, pero con herramientas gratuitas, comenzamos a diseñar un nuevo software. Presentamos en este trabajo los avances producidos, esto es, damos una descripción de esta nueva aplicación, y los resultados y conclusiones obtenidas a partir de la evaluación que hemos efectuado sobre su usabilidad y de una encuesta anónima realizada a los alumnos de Cálculo Numérico, con la cual podremos hacer los ajustes necesarios a este nuevo software.

Palabras clave: software educativo, herramientas gratuitas, usabilidad, ecuaciones no lineales.

1. Introducción

En primer lugar, realizamos una búsqueda y estudio acerca del material disponible en-línea

sobre las temáticas que se abordan en un curso de Cálculo Numérico (Ascheri et al., 2007). A partir de este material, comenzamos con la elaboración de un software educativo, teniendo como meta que los estudiantes puedan disponer de una aplicación gratuita para usar en un entorno Web. Esta aplicación debía cumplir mínimos requerimientos y permitir su uso como herramienta para la enseñanza y el aprendizaje de métodos numéricos, donde se mostrase de forma numérica y gráfica el comportamiento de los mismos. Con estos requisitos, comenzamos a elaborar el primer prototipo (figura 1) diseñado en el lenguaje de programación PHP y con la librería JGRAPH. A partir de este prototipo, hicimos una primera evaluación de la aplicación para detectar posibles errores al usarla. Nos concentramos, principalmente, en un aspecto importante para el análisis y diseño de software: la interfase. Según Pere Marquès (1996), la interfase es *el entorno a través del cual los programas establecen el diálogo con sus usuarios, y es la que posibilita la interactividad característica de estos materiales.*



Figura 1. Página principal del primer prototipo

Son varios los aspectos a tener en cuenta al momento de diseñar la interfase de usuario. Pero como debíamos analizar una aplicación Web, nos concentramos en la *usabilidad*. La usabilidad *se refiere a la capacidad de un software de ser comprendido, aprendido, usado y ser atractivo para el usuario, en condiciones específicas de uso* (Wikipedia, 2009). La usabilidad tiene dos aspectos centrales, el *contenido* y la *estética*, y el balance entre ellos es muy importante. La interfase no debe ser una barrera para poder entender el contenido (Baeza Yates y Rivera Loaiza, 2002). Aunque la definición de usabilidad se aplica al software en general (y a otros dispositivos), cuando hablamos de software educativo esto cobra mayor importancia debido a que se pretende que el software sea una herramienta que estimule el aprendizaje. Por lo tanto, no debiera ser la utilización de la aplicación un obstáculo para lograr este objetivo. Para que un software educativo motive al aprendizaje, es fundamental que sea atractivo y de fácil manejo (Díaz-Antón et al., 2002). Esto está relacionado directamente con la usabilidad. Para medir la usabilidad de una aplicación, existen una serie de métricas y métodos que buscan hacer que un sistema sea fácil de usar y de aprender (Baeza Yates y Rivera Loaiza, 2002). En la Web, la usabilidad toma una relevancia particularmente importante, ya que las páginas Web son accedidas por un gran número y variedad de usuarios. En el software a medida, es posible caracterizar al tipo de usuario y tomar los recaudos de diseño necesarios. Pero en las aplicaciones Web, por lo expuesto anteriormente, el caracterizar a un usuario es muy difícil. Si bien podríamos pensar que al ser un software educativo que está destinado a ser una herramienta de cátedra y, en ese caso, nos sería posible realizar un perfil del alumno que lo utilizará, esta aplicación estará disponible en Internet y no podemos circunscribir el tipo de usuario sólo a los alumnos de la cátedra. En este contexto, es

este contexto, es necesario que, como diseñadores, tengamos presente la usabilidad. La primera evaluación realizada nos permitió detectar debilidades y fortalezas de la aplicación y generar un segundo prototipo (Ascheri et al., 2008) (figura 2).



Figura 2. Página inicial del segundo prototipo (<http://online2.exactas.unlpam.edu.ar/numerico>)

Una parte constitutiva de la Web, y tenida en cuenta en las evaluaciones de usabilidad, es el *hipertexto*. Si bien podríamos pensar en el hipertexto, simplemente, como la forma en que se puede recorrer un sitio Web, es más que esto. Podemos ver al hipertexto como una forma de definir la estructura del contenido y la manera en que éstos van a llegar a los alumnos. Según Burbules y Callister (2001), *la estructura organizativa del hipertexto puede reflejar la estructura organizativa del tema tratado o de la red semántica de un experto*. Es posible mediar un documento a través del hipertexto, utilizando la estructuración de los enlaces de manera de mostrar un camino al alumno o enriqueciendo la propuesta a través de vínculos con otros documentos (Prieto Castillo, 1999). Con el hipertexto tenemos la oportunidad de enseñar algo al alumno, lo que puede parecer caótico y sin una dirección puede ser mediado a través de los enlaces con fines didácticos. Esto es lo que Litwin (2001) denomina *re-centración*. Debemos tener cuidado al marcar el camino de no convertirlo en un callejón sin salida. Podemos marcar un

rumbo, marcar una forma de razonamiento o el *cómo hacer*, pero también debemos dar la libertad para que el alumno recorra la red de enlaces utilizando como motor sus conocimientos o su propia curiosidad.

2. Metodología

La evaluación de la aplicación se llevó adelante a través de una *caminata cognitiva*. Es decir, *un grupo de expertos simula la manera en cómo un usuario caminaría por la interfaz al enfrentarse a tareas particulares* (Baeza Yates y Rivera Loaiza, 2002, p.8). Para evaluar la usabilidad de la aplicación utilizamos heurísticas adaptadas por Instone (1997a, 1997b) de un trabajo de Jakob Nielsen. Los aspectos evaluados se presentan a continuación:

- Visibilidad del estado del sistema.
- Similitud entre el sistema y el mundo real.
- Control por parte del usuario y libertad.
- Consistencia y cumplimiento de estándares.
- Prevención de errores.
- Preferencia al reconocimiento frente a la memorización.
- Flexibilidad y eficiencia de uso.
- Estética y diseño minimalista.
- Ayuda para que el usuario reconozca, diagnostique y se recupere de los errores.
- Ayuda y documentación.

Las heurísticas nos permitieron rediseñar la aplicación y obtener un nuevo prototipo, el cual fue presentado en el corriente año a los alumnos en las prácticas de la asignatura de Cálculo Numérico. Los alumnos trabajaron con la aplicación durante el tiempo que demanda el desarrollo del trabajo práctico relativo a la *Resolución de Ecuaciones no Lineales*.

3. Resultados y Conclusiones

Se presentan a continuación los resultados y conclusiones de la **evaluación de usabilidad** que nos permitieron generar el segundo prototipo y de la encuesta realizada a los alumnos.

3.1. Visibilidad del estado del sistema

Como vimos en la descripción del software, al elegir un método (desde la página de inicio), este se abre en una ventana/pestaña nueva. Si bien esto tiene la intención de facilitar la comparación de resultados/comportamientos de varios métodos sobre la misma función, puede producir desorientación a algunos *usuarios* (léase usuario en los términos de Burbules y Callister, 2001). Este efecto se acentúa en aquellos navegadores que abren nuevas pestañas, ya que es menos notorio la aparición de una nueva pestaña que una ventana. Pudimos observar que la aplicación no muestra ninguna indicación de cómo volver a la página de inicio. Tampoco muestra el camino recorrido por el usuario para llegar a la página donde se encuentra o un mapa del sitio. Ambos recursos deberían ser incorporados para evitar que el usuario se extravíe y así mejorar la usabilidad.

Observamos también que el sistema identifica los enlaces utilizando texto que al pasar por encima con el mouse se subraya. Esto permite al usuario identificar las acciones que puede realizar en el sistema independientemente de la página donde se encuentre. Este estilo de enlace se cambia en las ayudas, donde se utilizan enlaces icónicos.

Cada uno de los métodos cuenta en su página de inicio con una imagen que ilustra el método. En todos los casos se trata de gráficas de funciones donde el método ha sido aplicado. Esto podría dar la idea equivocada de que se trata de la aplicación del método. Esta imagen podría ser reemplazada por la figura de los autores de los métodos. Adicionalmente, dichas figuras,

podrían ser utilizadas como enlaces icónicos a biografías de los autores.

De lo anterior creemos que este punto se cumple parcialmente.

3.2. Similitud entre el sistema y el mundo real

Como ya mencionamos, se trata de una aplicación que está diseñada específicamente para la enseñanza y aprendizaje de métodos numéricos que se aplican para la resolución de ecuaciones no lineales. Además, se espera que los alumnos que van a utilizarla, grupo clase de Cálculo Numérico, tengan conocimientos de Matemática e Informática al llegar a esta asignatura. Partiendo de esta base, el lenguaje utilizado (tanto gráfico como textual) es adecuado para el tipo de destinatario. En ese sentido, hemos desarrollado un intérprete cuyo objetivo es que los usuarios ingresen las funciones y los parámetros de la manera que a ellos les resulte natural. Las fórmulas son traducidas a la codificación que utiliza PHP. Si en algún caso la fórmula es ingresada directamente en formato PHP, también funciona apropiadamente.

De lo anterior estimamos que este punto se cumple aceptablemente.

3.3. Control por parte del usuario y libertad

La caminata cognitiva nos permite afirmar que esta aplicación se maneja al ritmo del usuario, quien puede: elegir la función, los parámetros con los que desea hacer la gráfica y cuándo aplicar el método. Esto le da al alumno el control sobre la aplicación y la libertad de elegir qué método aplicar y con qué parámetros, los cuales pueden ser variados las veces que considere necesarias.

Este punto se cumple aceptablemente.

3.4. Consistencia y cumplimiento de estándares

Para las páginas Web es muy importante que se cumplan los estándares debido a la variedad de navegadores disponibles. Al apegarse la aplicación a los estándares propuestos por la W3C (World Wide Web Consortium¹), los diseñadores pueden garantizar que la página/aplicación se verá adecuadamente en casi cualquier navegador. Lo que a su vez, implica que los recaudos que se tomaron en el diseño van a estar a disposición de todos los usuarios. Para realizar la evaluación de los estándares, la W3C pone a disposición de los diseñadores Web un servicio de validación de etiquetas (The W3C Markup Validation Service²) y un servicio de validación de estilos CSS (The CSS Validation Service³). Hemos evaluado la aplicación utilizando ambas herramientas de la W3C y se han detectado sólo dos tipos de errores:

- **En el encabezado:** la identificación del lenguaje y el juego de caracteres utilizado (español y UTF-8), y el estándar HTML utilizado (DTD HTML 4.01 Transitional).
- **En el cuerpo:** a las imágenes les faltan los modificadores ALT y los VALIGN no pertenecen al estándar.

Es decir, no hay errores en los estilos CSS.

De lo anterior podemos inferir que la aplicación está, en general, apegada al estándar W3C. Por lo tanto, cumple aceptablemente este punto.

3.5. Prevención de errores

La validación y prevención de los errores que pueden surgir a través de la carga de los

¹ La W3C es un consorcio internacional donde sus miembros trabajan para desarrollar estándares y pautas para la Web que permitan su crecimiento y extraigan de esta su máximo potencial (<http://www.w3.org/>).

² Se puede acceder a este servicio en: <http://validator.w3.org/>

³ Se puede acceder a este servicio en: <http://jigsaw.w3.org/css-validator/>

formularios esta cubierta en su totalidad y la devolución que nos hizo el sistema, a través de pop-up, nos permitió leer la causa del error con tranquilidad y volver al formulario para resolverlo.

Opinamos que la prevención de errores es aceptable.

3.6. Preferencia al reconocimiento frente a la memorización

Al navegar el sitio, pudimos observar que las pantallas donde se trabaja con los distintos métodos numéricos son muy similares; cambian sólo el título y los campos donde se asignan los parámetros que requiere cada método numérico.

Creemos que para el ingreso de las funciones utiliza una sintaxis flexible y estándar para este tipo de aplicaciones. Apela a símbolos y palabras muy utilizadas en aplicaciones matemáticas. Como ejemplo, podemos mencionar “sen” o “cos” en las funciones trigonométricas o el acento circunflejo \wedge para la potencia.

Respecto de los datos que el alumno carga en los distintos formularios, éstos los acompañan al cambiar de página, por lo que no deben memorizarlos.

Por ello, creemos que este punto esta cubierto aceptablemente.

3.7. Flexibilidad y eficiencia de uso

Si bien son varios los factores que inciden en la rapidez con la que se carga una página, podemos decir que en el caso de las páginas previas a la aplicación de los métodos es muy poco el volumen de información que se transfiere, en su mayoría es código HTML y dos o tres imágenes. En el caso de las páginas donde se visualiza la aplicación de los métodos, se muestran una imagen (en formato PNG) por cada iteración (la cantidad depende de los parámetros). Las imágenes son generadas en el servidor y luego enviadas al usuario. Estimamos que sería

pertinente en este caso, ofrecer la posibilidad de mostrar o no las gráficas en la solución.

Este punto se cumple parcialmente.

3.8. Estética y diseño minimalista

En esta aplicación podemos destacar que si bien la solución visual de los métodos propicia el aprendizaje de los mismos, el objetivo final de la aplicación de éstos es hallar las raíces de una ecuación no lineal. Este dato se encuentra en un cuadro de texto debajo de la secuencia de imágenes que muestran las iteraciones. Por lo tanto, el usuario que se encuentre en busca sólo del valor de la raíz deberá esperar que se descarguen todas las imágenes para visualizar el resultado. En consecuencia, sería deseable que este resultado sea movido al inicio de la página.

Por otro lado, como recomendamos en el punto anterior, la aplicación debería dar al usuario la opción de ver o no las imágenes que dan la solución gráfica.

Creemos que este punto se cumple parcialmente.

3.9. Ayuda para que el usuario reconozca, diagnostique y se recupere de los errores

Los mensajes de error son expresados en un lenguaje claro y acorde al tipo de usuario esperado.

Este punto se cumple adecuadamente.

3.10. Ayuda y documentación

El sitio no cuenta con una ayuda completa en línea sobre cómo operarlo. Sólo tiene dos páginas que muestran al usuario la sintaxis de las funciones y la derivación de los métodos más usados, Newton-Raphson y von Mises. La ayuda y documentación con la que cuenta el sitio creemos que es insuficiente, máxime tratándose de una aplicación Web.

Por lo tanto, este punto no se cumple.

La Tabla 2 muestra un resumen de esta evaluación. En ella podemos apreciar que los niveles de usabilidad alcanzados, a partir de nuestra evaluación, son buenos.

Aspecto evaluado	Se cumple aceptablem.	Se cumple parcialm.	No se cumple
1. Visibilidad del estado del sistema		✓	
2. Similitud entre el sistema y el mundo real	✓		
3. Control por parte del usuario y libertad	✓		
4. Consistencia y cumplimiento de estándares	✓		
5. Prevención de errores	✓		
6. Preferencia al reconocimiento	✓		
7. Flexibilidad y eficiencia de uso		✓	
8. Estética y diseño minimalista		✓	
9. Ayuda para los errores	✓		
10. Ayuda y documentación			✓

Tabla 2. Resumen de la evaluación de usabilidad de la aplicación Web

La estructura de los enlaces muestra una intención de clasificación de los métodos numéricos para la resolución de ecuaciones no lineales. Esto se puede observar en la ventana inicial (página de inicio), en la que se muestran al mismo nivel cada uno de los métodos numéricos. La clasificación podría volverse más significativa, si la aplicación contara con un mapa del sitio en forma de árbol, o mejor aún un mapa conceptual que muestre, no sólo la estructura del sitio, sino también el lugar que ocupa dentro de la

asignatura los métodos para la resolución de ecuaciones no lineales.

También se muestra, a través del hipertexto, una metodología de trabajo. Los alumnos, al utilizar la aplicación, deben primero realizar la gráfica de la función y luego aplicar el método numérico elegido. El programa no brinda la posibilidad al usuario de ingresar la función y los parámetros, y obtener directamente la raíz. Propone el análisis de la gráfica y en función de esto el ajuste de los parámetros y, finalmente, la aplicación del método numérico. Si bien este análisis no nos permite comprobarlo, pensamos que esta metodología propuesta a través de los enlaces puede dejar un residuo cognitivo en los alumnos. Esto es, que puedan utilizar esta metodología en ausencia de la aplicación (lápiz, papel y calculadora) u otra aplicación (una planilla de cálculo).

Otra característica de la aplicación que es posible deje residuo cognitivo es la manera visual y paso a paso (iteraciones) de cómo se aplica el método. Este refuerzo visual, probablemente permitirá una mejor comprensión del método numérico y la asociación de nombre-algoritmo, más allá de la utilización de esta aplicación en particular. La visualización de la secuencia en forma de animación, creemos, podría reforzar el efecto antes descrito y, en ese caso, aportar al aprendizaje significativo de los métodos.

Como mencionamos anteriormente, los alumnos de Cálculo Numérico utilizaron el software para el desarrollo de los trabajos prácticos relativos a la unidad temática *Resolución de Ecuaciones no Lineales*. También lo usaron para resolver algunos de los ejercicios incluidos en el primer examen parcial, correspondientes a este tema.

Con el objetivo de rescatar la opinión de los alumnos sobre la utilización del software, se implementó una encuesta considerando los aspectos destacados en la Tabla 2, que se tuvieron en cuenta para evaluar la usabilidad. Esta encuesta fue respondida por los alumnos

en forma anónima y se obtuvieron los siguientes resultados:

Preguntas	Respuestas		
	Si	No	No responde
1. ¿Le pareció intuitivo el funcionamiento del software utilizado?	8	0	2
2. Las opciones en las que ingresa los datos para aplicar el método, ¿le parecieron claras?	10	0	0
3. Cada uno de los gráficos que representan las diferentes iteraciones, ¿favorecen la comprensión de los métodos?	9	1	0
4. ¿Tuvo inconvenientes con la sintaxis de las ecuaciones a solucionar?	0	10	0
5. ¿Utilizó las ayudas que presenta el software?	8	2	0
6. ¿Utilizó el software sólo en las PC de la Facultad?	6	4	0
7. ¿Considera que la utilización del software fue positiva para la comprensión de los métodos de resolución de ecuaciones no lineales?	10	0	0
8. La información que apareció en pantalla fue:	Clara 9	Confusa 1	
9. Cree que facilitó la comprensión de:	la aplicación práctica de los métodos 9	la teoría de los métodos 5	ningún aspecto 0
10. Recurrió al software para:	resolver varios ejercicios además de los indica-	resolver sólo los ejercicios indicados en el prác-	

	dos en el práctico	6	4	0
11. Considera que el software es útil para:	obtener valores numéricos de los métodos	10	7	0
	analizar el funcionamiento gráfico de los métodos			
12. ¿Ingresó a alguno de los links relacionados con los autores de los métodos que aparecen en el software?	Si	No	No responde	
	1	9	0	

Además de las respuestas a las preguntas formuladas en la encuesta, los alumnos tuvieron la posibilidad de agregar comentarios que creyeran necesarios. Así fue que 6 de los 10 alumnos participantes dejaron los siguientes aportes:

Complete con cualquier consideración que crea necesaria

En lo personal me ayudó un montón. Por ejemplo, cuando tenía que indicar el intervalo donde se encontraba la raíz o raíces. Además, la representación gráfica me permitía tener una primera aproximación de donde estaba la raíz y así no darle un valor inicial que haga que el método diverja.

Con respecto a la pregunta 5 sobre las ayudas, intenté usarlas pero me tiraba error la página, no se si se solucionó pues no he intentado nuevamente. Sobre la pregunta 8 que se refiera a la información en pantalla es confusa en un primer momento ya que tira muchos datos además de los gráficos que hacen difícil el análisis en una primera instancia, pero luego de ir familiarizándose con el software se hace mas comprensible y legible toda la información que se muestra.

La ayuda a veces no anda.

Me facilitó muchísimo el trabajo. Me ahorró tiempo en graficar funciones que me demandarían mucho trabajo.

El recurso presentado en la página me facilitó además de la comprensión de los métodos vistos, la corrección de las producciones propias hechas en octavo.

No tengo otra consideración.

Si bien las respuestas muestran la aceptación del software por parte de los alumnos, existen aspectos que se señalan y que deberán ser ajustados para los próximos pasos en los que el software se ampliará con la inclusión de nuevas unidades temáticas de Cálculo Numérico.

BIBLIOGRAFÍA

Ascheri, M. E., Pizarro, R., Astudillo, G., García, P. y Culla, M. E. (2007). *Relevamiento de software en línea para la enseñanza-aprendizaje de métodos numéricos. Herramientas para su desarrollo*. ITCR. V CEMAC, pp. 20-24. Cartago. Costa Rica.

Ascheri, M. E., Pizarro, R., García, P., Astudillo, G. y Culla, E. (2008). *Un software educativo con herramientas libres y acceso Web para temas de cálculo numérico: primer prototipo*. II REPEM – Memorias, pp. 223-230. La Pampa. Argentina.

Baeza Yates, R. y Rivera Loaiza, C. (2002). *Ubicuidad y Usabilidad en la Web*. <http://www.dcc.uchile.cl/~rbaeza/inf/usabilidad.html>.

Burbules, N. y Callister, T. (2001). *Riesgos y promesas de las Nuevas Tecnologías de la Información*. Educación. Capítulo 3: “Hipertexto: El conocimiento en la encrucijada”. Buenos Aires: GRANICA.

Díaz-Antón, G., Grimán, A., Pérez, M. y Mendoza, L. (2002). *Instrumento de evaluación de software educativo bajo un enfoque sistémico*. Consultado en Febrero, 10, 2009 en <http://www.academia-interactiva.com/evaluacion.pdf>.

Instone, K. (1997a). *Site Usability Evaluation – Part. 1*. Consultado en Febrero, 12, 2009 en <http://instone.org/siteeval>.

Instone, K. (1997b). *Site Usability Heuristics for the Web – Part. 2*. Consultado en Febrero, 12, 2009 en <http://instone.org/heuristics>.

Litwin, E. (2001). *Las nuevas tecnologías y las prácticas de la enseñanza en la Universidad*. Enero, 28, 2009 en <http://www.litwin.com.ar/site/Articulos2.asp>.

Marqués, P. (1996). *El software educativo*. Universidad Autónoma de Barcelona. Consultado en Enero, 26, 2009 en: http://www.lmi.ub.es/te/any96/marques_softw_are

Prieto Castillo, D. (1999). *La comunicación en la educación* (Capítulo 6: Comunicación con los medios y materiales.). Buenos Aires: Ciccus, La Crujía.

Usabilidad. (2009). *Wikipedia, La enciclopedia libre*. Consultado en Enero, 28, 2009 en <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Usabilidad&oldid=23617834>