

Eye-tracking: una técnica de seguimiento de la mirada utilizada en la validación de unidades de aprendizaje

Ing. Alexa Ramírez

Instituto Tecnológico de Costa Rica

alramirez@itcr.ac.cr / alexarv11@gmail.com

Resumen

En la actualidad se ha desarrollado un creciente uso de los entornos virtuales de aprendizaje para impartir cursos en línea de diversas áreas. Debido a lo anterior en el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) se ha tomado la iniciativa de desarrollar cursos bimodales y virtuales en diferentes carreras que se imparten en esta institución. En este sentido, se dio a la tarea de incorporar cursos de matemática en esta iniciativa, por lo tanto, se desarrolló un curso bimodal de cálculo (MA-1404 Cálculo para ingenieros), el cual fue validado utilizando técnicas de eye-tracking para minimizar problemas de usabilidad, que podrían ocasionar dificultades en el aprendizaje en los entornos virtuales. El siguiente trabajo describe los resultados de la investigación realizada mediante la utilización de técnicas de eye-tracking o seguimiento de la mirada en las unidades de aprendizaje del curso bimodal de cálculo mencionado anteriormente.

Palabras clave

Eye-tracking, curso bimodal, cálculo, unidades de aprendizaje.

Introducción

El creciente desarrollo de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en la mayoría de los ámbitos educativos han permitido el surgimiento de nuevos modelos y estrategias de aprendizaje basadas en las “innovaciones pedagógicas” más sobresalientes, las cuales han adquirido nombre propio: Aprendizajes virtuales o estrategias de e-learning. Estas nuevas estrategias de aprendizaje, soportadas por las posibilidades que brinda la Web 2.0, han creado entornos donde los estudiantes y profesores puedan interactuar en forma virtual. De esta manera, Criado (2007) destaca que el desarrollo de Internet y de las plataformas virtuales de formación como WebCT, IT-Campus, Moodle, Structuralia, entre otras, también ha permitido la aparición de “campus virtuales”, desarrollados por una o varias

universidades a nivel mundial, y destinados, en algunos casos, a potenciar cada una de las fases del proceso educativo con las herramientas que proporciona Internet.

Como se menciona en (Ramírez & Chacón, 2011) en Costa Rica las universidades estatales se han dado a la tarea de incorporar este creciente desarrollo de las TIC en sus actividades académicas. Por su parte, el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) no escapa de esta perspectiva, donde se han implantado proyectos como el tecDigital, el cual es el proyecto de e-learning del TEC cuyo objetivo principal es incorporar las TIC en el desarrollo de las actividades docentes de la institución.

El tecDigital ha tenido la firme convicción de diseñar un modelo de implementación que permita promover el acercamiento del docente al paradigma de e-learning. Este modelo de implementación se definió con base en tres componentes o ámbitos: pedagógico, tecnológico y organizacional (Espinoza & Chacón, 2010). Los primeros pasos para las iniciativas mencionadas anteriormente, es la virtualización de cursos tanto en los planes de bachillerato como en los de maestría que se imparten en el TEC, de forma que dichos cursos puedan ser impartidos de forma virtual o bimodal para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante estas modalidades.

Los cursos que han iniciado el proceso de virtualización dentro del TEC son pocos, pero paso a paso van tomando fuerza y se van volviendo indispensables para la labor docente. De esta situación no escapan los cursos de matemática de las diversas carreras que se imparten en la institución, especialmente los cursos con alta repitencia, como lo son los cursos de cálculo para las carreras de ingeniería.

Debido a lo anterior, se propuso impartir el curso MA-1404 Cálculo de forma bimodal, donde las primeras 6 semanas del curso fueron impartidas de manera presencial por el profesor del curso, las siguientes 7 semanas consistirían de sesiones virtuales apoyadas de módulos (unidades de aprendizaje) correspondientes a la materia de estudio. Finalmente, las restantes 3 semanas consistirían de sesiones presenciales. De esta manera, se permite impulsar la inclusión de cursos bimodales y virtuales en el área de matemáticas dentro del TEC.

Para la realización de las sesiones virtuales se implementaron módulos utilizando diversas estrategias de e-learning. Pero una de las mayores preocupaciones de las sesiones virtuales, era minimizar los problemas relacionados con el uso de las unidades de aprendizaje,

ya que varios estudios han demostrado que demasiados elementos en una página o sitio Web pueden realizar el efecto contrario a un aprendizaje significativo.

En este sentido, demasiado texto, animaciones destellantes y muy llamativas sin ningún valor educativo, contenido excesivo que requiera el uso de “scroll”, entre otros. Estos son algunos de los elementos básicos ha tomar en cuenta al realizar unidades de aprendizaje o cualquier sitio de Internet en general.

Esta preocupación no fue minimizada con tener presentes estos elementos mencionados anteriormente. Por lo tanto, se propuso la realización de una prueba de eye-tracking o seguimiento de la mirada para validar los módulos utilizados por los estudiantes del curso de cálculo.

El concepto de eye-tracking se puede encontrar en una gran cantidad de literatura; aunque para muchos sea una terminología reciente, sus raíces datan de los años 50. El eye-tracking o seguimiento de la mirada consiste en un conjunto de tecnologías que permiten monitorear y registrar la forma en que una persona mira una determinada escena o imagen en la pantalla, en concreto permite determinar en qué áreas fija su atención, durante cuánto tiempo y qué orden sigue en su exploración visual (Hassan Montero & Herrero Solana, 2007).

Las técnicas de eye-tracking han tenido un gran potencial de aplicación en diversas disciplinas y áreas de estudio, desde el marketing y la publicidad hasta la arquitectura de información, pasando por los estudios de usabilidad más recientes.

Su uso en investigación educativa ha sido muy reservado, aunque tenga un gran potencial, ya que este proporciona un gran ámbito de información sobre los elementos que un estudiante observa dentro de una unidad de aprendizaje, un ejercicio interactivo en línea, hasta un examen virtual. Esto permitiría determinar las fijaciones que el estudiante realice sobre el material, obteniendo información relevante sobre los elementos que se desarrollan. Así mismo, esto podría detectar no solo problemas de usabilidad en cuanto a la navegación de los materiales, sino posibles problemas que dificulten el aprendizaje de los estudiantes.

En las siguientes secciones se describe la metodología empleada en la realización de la prueba, haciendo énfasis en la fase de diseño de la misma, así como aspectos técnicos y los lineamientos que se siguieron para analizar los resultados. Además, se detallan los resultados obtenidos con la aplicación de la prueba y finalmente las conclusiones extraídas de esta investigación.

Metodología

El modelo metodológico de la prueba consiste en tres etapas, a saber, diseño de la prueba, realización de la prueba y análisis de los resultados. Estas etapas se describen a continuación:

Diseño de la prueba

Aspectos técnicos y de equipo. Para llevar a cabo la prueba se utilizó el sistema de eye-tracking *Tobii T60* (ver figura 1) y el software de análisis *Tobii Studio Enterprise Edition* facilitados por la Escuela de Diseño Industrial del TEC. El modelo utilizado cuenta con un monitor de 17 pulgadas de color negro, con cámaras (eye-trackers) se encuentran integradas en la zona inferior, resultando invisibles a los ojos del participante. Entre las características técnicas del sistema, se destaca que usa una frecuencia de 60Hz, tiene una resolución máxima de 1280x1024 pixels, y una precisión de 0.5 grados con un desvío inferior a los 0.3 grados. Como se muestra en la figura 1, el equipo utilizado en la prueba tiene la apariencia de un monitor normal, de esta manera los estudiantes al realizar la prueba se encontraron en un ambiente similar y cómodo, siendo el proceso de prueba invisible para los usuarios.



Figura 1. Monitor Tobii T60

Actividades. Para la realización de la prueba se escogieron 10 actividades críticas que los estudiantes del curso deberán de realizar con frecuencia, las mismas se dividieron en dos grupos de la siguiente manera:

Actividades Grupo 1

1. Usted quiere conocer los objetivos del módulo 1.
2. Usted desea realizar la prueba diagnóstica antes de iniciar con los temas nuevos.
3. Usted quiere estudiar los ejemplos de la “Definición de derivada”.

4. Usted desea realizar la evaluación de los materiales de la unidad.
5. Usted necesita encontrar la lista de ejercicios propuestos para el módulo 1.

Actividades Grupo 2

1. Usted quiere conocer los presaberes del módulo 1.
2. Usted quiere conocer un poco de historia sobre los temas del módulo 1.
3. Usted necesita estudiar el tema de “La recta tangente y normal”.
4. Usted quiere realizar ejercicios de autoevaluación de la materia.
5. Usted necesita encontrar material adicional de los temas del módulo 1.

Para cada una de estas actividades se diseñó una ficha, la cual fue entregada al usuario, donde se explica y contextualiza la situación que se desea realice (Ver anexo 1).

Participantes. Siguiendo lo expuesto por Nielsen (2000), donde explica que para realizar pruebas de usabilidad es suficiente con 5 usuarios, lo cual se debe a que las pruebas a partir del quinto usuario arrojaron los mismos problemas de usabilidad, es decir, que con más de cinco usuarios se detectaron los mismos fallos, los cuales se repetían constantemente. Este comportamiento es evidente en la figura 2, la cual muestra la distribución entre errores de usabilidad encontrados y la cantidad de usuarios que realizaron la prueba.

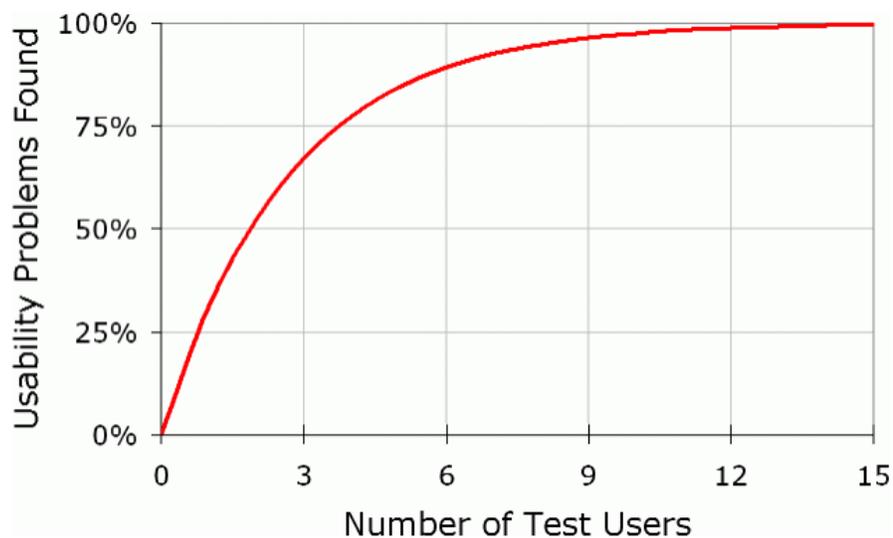


Figura 2. Problemas de usabilidad vrs cantidad de usuarios

Según lo anterior, la prueba se realizará con 10 usuarios divididos en 2 grupos. Cada grupo de usuarios realizará 5 de las actividades críticas descritas anteriormente, de forma que permita determinar su comportamiento en cada una de estas actividades y detectar posibles problemas que dificulten el aprendizaje.

Realización de la prueba

Para la realización de la prueba se utilizó el siguiente protocolo para garantizar la confiabilidad de la resultados de la misma:

Protocolo

1. Se realiza una explicación breve sobre la prueba y sus objetivos.
2. Se pide al usuario que tome la posición habitual cuando trabaja en la computadora.
3. Se realiza la calibración del eye-tracking.
4. Entrega de la ficha con la actividad a realizar.
5. Aclaración de dudas sobre la actividad, si fuera el caso.
6. Todas las pruebas inician en la presentación del curso (primer página), con todos los ítem del menú lateral cerrados.
7. Finalización de la prueba, cuando la persona indica que ésta ha finalizado, o cuando indica que no ha podido finalizar con éxito.
8. Las pruebas no tienen tiempo límite.
9. Explicación de los resultados de la prueba al participante.
10. Retroalimentación por parte del participante.
11. Agradecimiento al participante por su colaboración.

12. Elaboración de conclusiones para cada prueba por participante.

Este protocolo resulta fundamental, ya que permite garantizar que todos los usuarios de la prueba la realicen en condiciones semejantes, garantizando su validez y confiabilidad.

Análisis de los resultados

Para la interpretación de los resultados se utilizarán las áreas de interés descritas a continuación, así como algunas de las directrices expuestas por Jacob & Karn (2003).

Las áreas de interés de los materiales en las unidades de aprendizaje son las siguientes:

- Introducción del módulo (objetivos y presaberes): en esta sección se desea que el estudiante pueda conocer fácilmente los objetivos y presaberes del módulo, los cuales son indispensables para el comienzo de la unidad.
- Evaluación diagnóstica: esta área resulta fundamental, ya que los estudiantes tienen la oportunidad de realizar una prueba que les brinde retroalimentación sobre los conocimientos previos que se desea dominen para iniciar satisfactoriamente los temas del módulo.
- Un poco de historia: esta área resulta de interés, debido a su carencia en los cursos de matemática, donde no se hace referencia a notas históricas relevantes relacionadas con los temas de estudio, los cuales permiten comprender los orígenes de los mismos.
- Contenidos del módulo: esta área es una de las importantes, ya que es donde se centra los conceptos y ejemplos que permiten la comprensión de la materia, los cuales se refuerzan con las actividades de aprendizaje, la cual es otra de las áreas de interés.
- Actividades de aprendizaje: esta área resulta de gran importancia, ya que se espera que los estudiantes fijen su atención en ella, debido a que las actividades de autoevaluación y evaluación se encuentran aquí.

Una vez definidas las áreas de interés, donde se espera los estudiantes fijen su atención, se describen a continuación los lineamientos que se seguirán para la interpretación y análisis de los resultados obtenidos:

- Número total de fijaciones: un mayor número de fijaciones indica una menor eficiencia de la búsqueda, lo que puede indicar un problema en el layout (esquema organizativo) de la interfaz.

- Número de fijaciones sobre un área de interés: mayor número de fijaciones indica mayor importancia para el usuario.
- Duración de la mirada fija sobre un área de interés: mayor duración indica mayor dificultad para interpretar el contenido del área.
- Densidad espacial de las fijaciones: cuando las fijaciones se concentran en una zona más pequeña indica mayor eficiencia en la búsqueda visual, mientras que si son más dispersas sugieren que la búsqueda está resultando menos eficiente.
- Tiempo transcurrido hasta la primera fijación: cuanto menos tiempo transcurra hasta que el usuario se fije por primera vez en un área de interés, mayor será la capacidad de las propiedades gráficas del área para atraer la atención visual.

Análisis de Resultados

La prueba se llevó a cabo los días 14 y 15 de marzo de 2012. La prueba fue realizada por 10 estudiantes de las carreras de Ingeniería en Computación y Licenciatura en Tecnologías de Información y Comunicación, de los cuales 3 son mujeres y 7 hombres. De los participantes 2 se encuentran cursando la maestría en computación.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada una de las pruebas a los estudiantes. Se hace un resumen sobre lo acontecido en la prueba, en cuanto a tiempo, resultado y número de páginas vistas al finalizar la prueba.

En la siguiente figura se muestra un gráfico sobre el tiempo promedio al realizar las actividades por parte de los estudiantes. Cabe resaltar que las tareas 1, 2, 3, 4 y 5 correspondientes en cada grupo responden actividades similares, es decir, la actividad 1 en los grupos 1 y 2 se enfoca en la sección de introducción del módulo. Por lo tanto, resulta importante realizar la comparación entre los tiempos para cada tarea en los grupos respectivos.

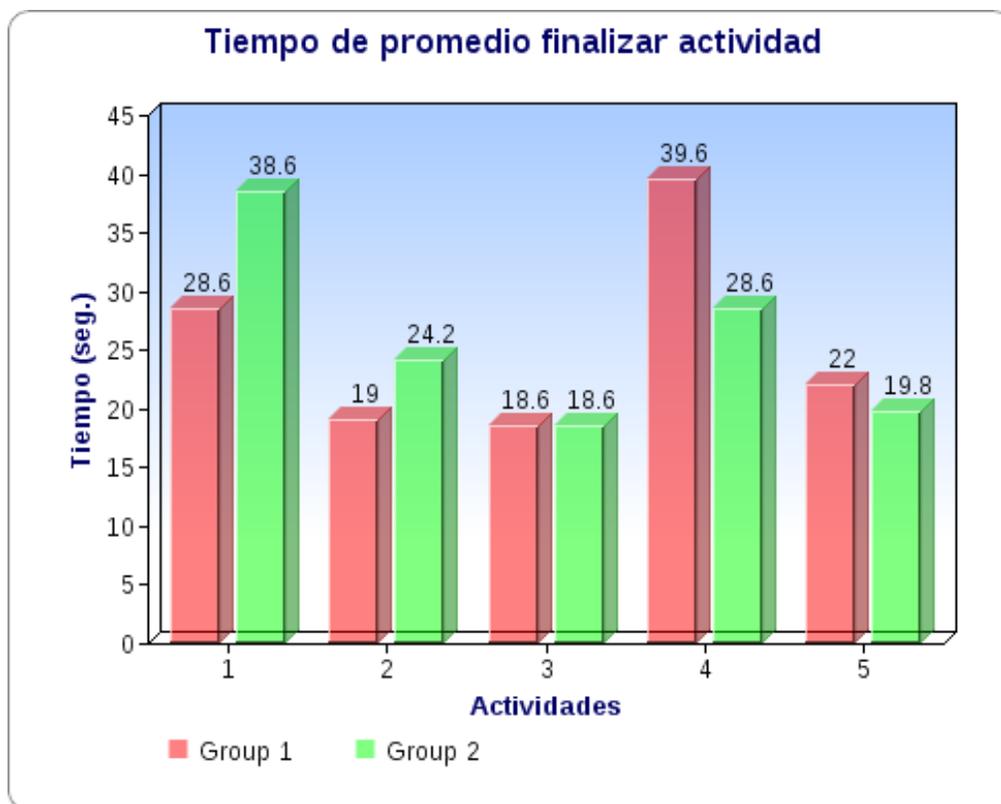


Figura 3. Gráfico tiempo promedio por actividad

En la figura anterior se muestra que las actividades que tomaron más tiempo para su finalización fueron la actividad 1 y 4 para ambos grupos. En el caso de la actividad 1 correspondiente al grupo 2 hubo varios cuestionamientos en cuanto al concepto de “presaberes”, aunque el mismo fue aclarado antes de iniciar la prueba si afecto el tiempo para finalizar con éxito la actividad.

En el caso de la actividad 4 correspondiente al grupo 1, solo 2 de los 5 estudiantes finalizaron con éxito la prueba. Esto ocurrió debido a que la sección donde se encontraba la encuesta de los módulos no tenía un nombre significativo para los usuarios.

Por otra parte, las actividades 2 y 3 de cada grupo obtuvieron los menores tiempos para finalizar lo solicitado. Cabe resaltar que para la realización de la actividad 2 los estudiantes se enfocaron en el texto en la sección de introducción, el cual los ayudó a ubicarse y finalizar con éxito la actividad. Así mismo, la actividad 3 correspondiente a cada grupo fue finalizada en un tiempo optimo debido a que los estudiantes se enfocaron en los títulos de las secciones, los cuales los guiaron dentro del módulo.

En la figura 4 se muestra una gráfica sobre la cantidad de páginas promedio vistas dentro del módulo para cada una de las actividades realizadas.

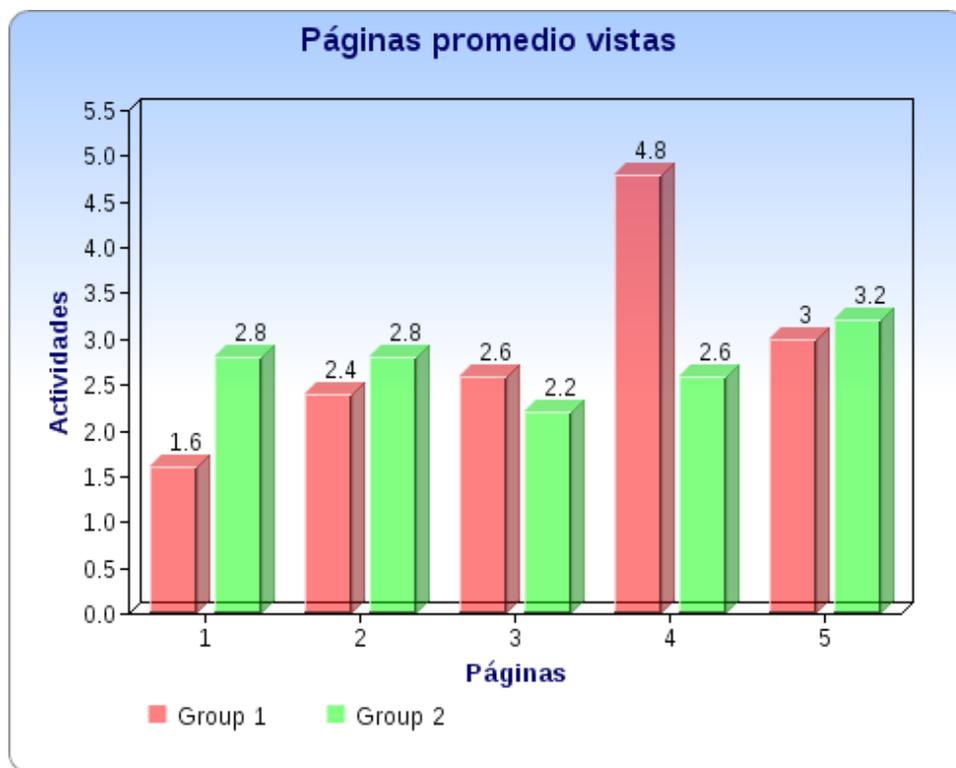


Figura 4. Gráfico páginas promedio

En el gráfico anterior se evidencia que la cantidad de páginas vistas por actividades se mantuvo constante en la mayoría de los casos. La actividad 4 correspondiente al grupo 1 tuvo el número promedio de páginas vistas mayor, esta fue una de las actividades que también tuvo mayor cantidad de tiempo para su finalización, así mismo tuvo mayor cantidad de estudiantes que no la concluyeron con éxito.

De esta misma forma, el gráfico evidencia que la navegación en las unidades de aprendizaje no requirió ir a demasiadas páginas para finalizar lo deseado. En este sentido, los estudiantes podrán encontrar y navegar dentro de los módulos enfocando su atención a los objetivos de aprendizaje, sin preocuparse en problemas que dificulten encontrar los ejemplos, contenidos y actividades de aprendizaje.

En la siguiente figura se muestra el número promedio de usuarios que finalizaron con éxito el objetivo propuesto en cada una de las actividades.

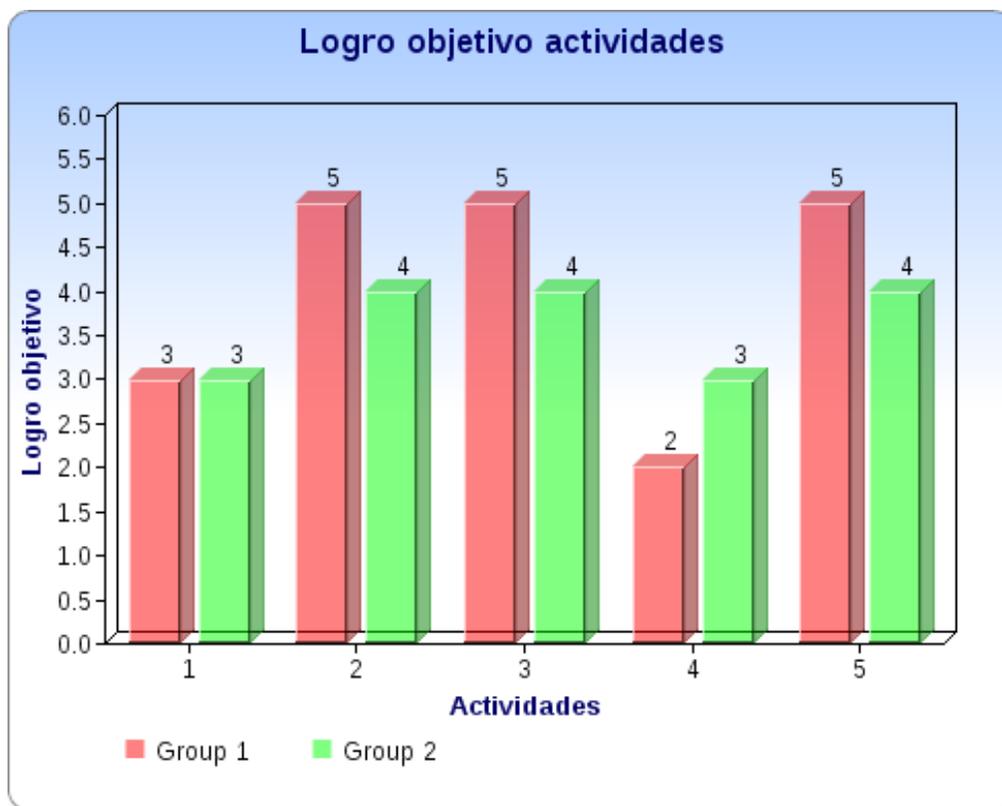


Figura 5. Gráfico logro objetivos por actividad

En el gráfico anterior se evidencia la correspondencia entre las tareas que requirieron mayor tiempo para su realización con la cantidad de actividades que no lograron el objetivo propuesto. Las actividades 1 y 4 para ambos grupos mostraron mayor dificultad para el logro de los objetivos. Por el contrario, el resto de actividades lograron en su mayoría el objetivo propuesto.

Como se mencionó anteriormente, los estudiantes se enfocaron en los textos de las secciones del módulo, lo cual permitió guiarlos en la realización de las tareas. En la figura 6 se muestra los patrones de exploración visual de los estudiantes que realizaron la actividad 1, esto mediante los *HeatMaps* o mapas de calor obtenidos del software utilizado en la prueba. En estos mapas las zonas más “calientes” (color rojo) o de mayor intensidad indican dónde los

estudiantes han realizado mayor número de fijaciones visuales, y los iconos en forma de “mouse”, dónde han hecho clic.



Figura 6. Mapa de calor para la actividad 4

Como se muestra en la figura anterior los estudiantes se enfocaron mayormente en el texto y en el menú lateral, dando como resultado que las imágenes sirvieron como elemento decorativo, que si bien mejora la presentación no es visiblemente atrayente para los usuarios.

Así mismo, en la figura 7 se muestra el heatmap de la actividad 1, donde los estudiantes se enfocaron nuevamente en el menú lateral y en la imagen del inicio, la cual cuenta con el título del módulo. También, podemos observar que el título ubicado en la esquina superior derecha no recibió atención visual por parte de los estudiantes.

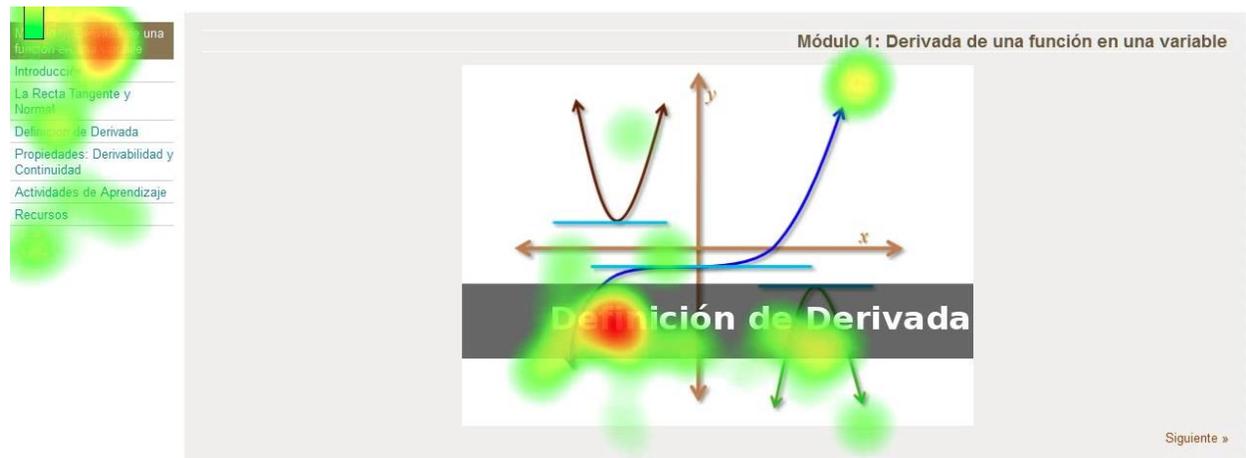


Figura 7. Mapa calor para actividad 1

Conclusiones y trabajo futuro

Dados los resultados obtenidos de la prueba de eye-tracking al módulo 1 del curso bimodal MA-1404 Cálculo se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- En la sección de introducción se incluyó una página llamada “Presaberes”. El mismo generó confusión en los usuarios de la prueba, ya que todos se cuestionaron el significado de este término. Debido a esto se cambió el nombre de dicha página por “Conocimientos Previos”.
- La actividad 4 del grupo 1 consistió en encontrar la evaluación de los materiales ubicada en la sección de “Actividades de Aprendizaje” en la página retroalimentación. Solo dos personas encontraron la encuesta indicada en la actividad, el título de la sección donde estaba la actividad no estaba muy visible al usuario. Por lo tanto, se creó una sección con el nombre de la página “Retroalimentación” para que fuera más visible a los estudiantes.
- Se enfatizó el texto en la sección de “Actividades de Aprendizaje”, la cual es una de las áreas de interés, ya que los usuarios mostraron alto interés en el mismo. Así mismo, se ratificó que el nombre de la sección es significativo para los estudiantes y los guió para encontrar los ejercicios de autoevaluación y la lista de ejercicios propuestos.
- Se ratificó la importancia del texto en la sección de introducción, ya que los estudiantes lo leyeron en varias ocasiones, lo cual los guió para encontrar los objetivos, los presaberes, la evaluación diagnóstica y la nota histórica.
- Los estudiantes se enfocaron en el nombre de las secciones y subsecciones. La sección recursos ubicada al final del módulo pareció ser de fácil ubicación para los mismos.
- En las zonas donde se ubicaron imágenes y texto, especialmente en las áreas de interés, los estudiantes prestaron más atención al texto, siempre que éste fueran párrafos cortos. Esto se pudo evidenciar en la figura 6.
- Los estudiantes fijaron con mayor frecuencia su mirada en texto donde se encontraron frases o palabras enfatizadas .

De esta manera, las unidades de aprendizaje fueron modificadas según los resultados obtenidos de esta investigación, la cual permitió encontrar problemas de usabilidad de los módulos, así como aspectos que dificultan el aprendizaje en medios virtuales.

En este sentido, resulta fundamental realizar estudios que no solo validen los contenidos y estrategias aplicadas en los cursos virtuales, si no también que los materiales utilizados faciliten el proceso de aprendizaje y los estudiantes puedan concentrarse en lo que verdaderamente es importante (su aprendizaje), en lugar de preocuparse cómo llegar a una página o cómo encontrar la información que están buscando.

Agradecimientos

Agradezco a los miembros de la Escuela de Diseño Industrial del Instituto Tecnológico de Costa Rica por facilitar el equipo de eye-tracking utilizado en la realización de esta investigación.

Referencias bibliográficas

Espinoza, J. & Chacón, M. (2010). TEC Digital: una iniciativa de Implementación de e-learning en Costa Rica. Presentado en XVIII Congreso Iberoamericano de Educación Superior en Computación. Asunción, Paraguay.

Criado, R. (2007). La interacción entre el alumno, el profesor y las nuevas tecnologías en el ámbito de la formación virtual. *Revista Electrónica ADA*, 3, 1.

Hassan Montero, Y., & Herrero Solana, V. (2007). Eye-Tracking en Interacción Persona-Ordenador. *No Solo Usabilidad*, (6).

Jacob, R. J. K., & Karn, K. S. (2003). Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. *Work*, 2(3), 573–605.

Nielsen, J. (2000). Why you only need to test with 5 users. *Test*, 19(September 23).

Ramírez Vega, A., & Chacón Rivas, M. (2011). Math Bridge: una propuesta como apoyo en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en Costa Rica. Presentado en XIII Conferencia Interamericana de Educación Matemática. Recife, Brasil.

Anexos

Anexo 1. Fichas pruebas de eye-tracking

Grupo 1 (Actividad 1)
Usted es estudiante del curso bimodal de cálculo, es la primera vez que ingresa al módulo 1 y quiere conocer los objetivos. Búsquelos dentro del módulo.
Grupo 1 (Actividad 2)
Usted no está seguro sobre su nivel de conocimiento previos del módulo, por lo tanto desea realizar la prueba diagnóstica antes de iniciar con los temas nuevos. Encuentre esta prueba.
Grupo 1 (Actividad 3)
El profesor(a) del curso ha notificado que la materia del módulo 1 está disponible para su estudio. Usted quiere iniciar estudiando los ejemplos de la “Definición de derivada”. Encuentre estos ejemplos.
Grupo 1 (Actividad 4)
Usted ha finalizado el estudio de los contenidos del módulo 1 y quiere realizar la evaluación de los materiales esta unidad. Encuentre la encuesta para este fin.
Grupo 1 (Actividad 5)
Usted ha estudiado los temas del módulo y ha realizado las actividades de aprendizaje. Ahora necesita encontrar la lista de ejercicios propuestos que debe entregar al profesor(a) del curso.
Grupo 2 (Actividad 1)

Usted es estudiante del curso bimodal de cálculo, es la primera vez que ingresa al módulo 1 y quiere conocer los presaberes. Busquelos dentro del módulo.

Grupo 2 (Actividad 2)

Antes de iniciar el estudio de los temas del módulo 1, usted quiere conocer un poco de historia sobre los temas a tratar. Encuentre esta información dentro del módulo.

Grupo 2 (Actividad 3)

El profesor(a) del curso ha notificado que la materia del módulo 1 está disponible para su estudio. Usted quiere iniciar estudiando el tema de “La recta tangente y normal. Encuentre esta información.

Grupo 2 (Actividad 4)

Como estudiante del curso de cálculo, y después de estudiados los contenidos y ejemplos del módulo, usted quiere realizar los ejercicios de autoevaluación de la materia estudiada.

Grupo 2 (Actividad 5)

Usted tendrá un quiz virtual la próxima semana, y a pesar que ya realizó los ejercicios de autoevaluación y los ejercicios propuestos, quiere encontrar material adicional de los temas del módulo 1.