

Diseño e implementación de interfaces accesibles para acercar las matemáticas a niños con síndrome de Down.

C. Gonzalez¹, J. Sigut¹, H. Sanabria¹, D. Guerra¹, M. Noda², A. Bruno², B. Hernández³, A. Hernández³, L. Moreno¹

¹Escuela Superior de Ingeniería Informática. Universidad de La Laguna

²Departamento de Análisis Matemático. Universidad de La Laguna

³ATT21. Asociación de Tinerfeña de Trisómicos 21

email: cgonza@ull.es

En este artículo se presente el diseño de un sistema educativo multimedia que hace énfasis en el papel de la resolución de problemas en la enseñanza de las matemáticas y en hacer accesibles las interfaces mediante su adaptación vía software y hardware.

En este sentido, hemos desarrollado una pizarra digital especialmente diseñada para facilitar la interacción de niños con problemas de motricidad fina. Para diseñar las interfaces del sistema se ha utilizado como metodología el diseño iterativo centrado en el usuario, donde los usuarios finales fueron parte del equipo en todo el proceso de diseño y donde contemplamos tanto los estándares de accesibilidad como los de usabilidad. En este artículo presentaremos los distintos prototipos que se han diseñado y su correspondiente validación.

En lo referente al proceso de enseñanza de las matemáticas se ha abordado la resolución de problemas y algoritmos en las operaciones aritméticas básicas (suma y resta) con el propósito de analizar los errores y encontrar patrones de error. De esta manera, estamos creando ayudas y tratamientos específicos para los distintos tipos de errores. Finalmente, a partir del patrón de errores y el perfil del alumno, podemos determinar las posibles causas y la ayuda necesaria.

Estas herramientas están siendo diseñadas por un equipo multidisciplinar formado por profesores de Escuela Técnica y Superior de Ingeniería Informática, Didáctica de las Matemáticas y Bellas Artes de la Universidad de La Laguna y Asociación Tinerfeña de Trisómicos 21, en el marco del proyecto de investigación DIVERMATES 200/05 del Ministerio de Asuntos Sociales.

Palabras claves: Diversidad, Multimedia, Resolución de Problemas, Errores, Minería de Datos, Interacción Persona-Ordenador, Visión Artificial

1. Introducción

Los estudiantes que tienen algún tipo de discapacidad necesitan más tiempo para realizar las tareas y adquirir los conocimientos. Por lo tanto, se hace necesario tener apoyos adicionales y programas adaptados. Es importante que entre los contenidos de Matemáticas se incluya el uso adecuado y razonado de los recursos tecnológicos como herramientas de aprendizaje que facilitarán la vinculación, la comprensión, la experimentación, la reflexión, el análisis, etc.. Estos recursos posibilitarán que el alumnado esté bien informado y en contacto con el mundo de la tecnología desde una óptica educativa, revelando la utilidad de estos recursos a la hora de resolver numerosas situaciones problemáticas relacionadas con la realidad social y la vida cotidiana.

La incorporación de las Nuevas Tecnologías (NNTT) en el ámbito educativo y su aplicación en alumnado con necesidades educativas especiales es fundamental bajo dos aspectos : a) realizando las adaptaciones necesarias para su uso diverso de las NNTT en función de las características de cada persona y b) haciendo un uso específico de los elementos tecnológicos concretos en función de las necesidades de la persona, con el fin de que pueda acceder a la información y por ello a la formación, en las mejores condiciones posibles.

En este sentido, es necesario que las adaptaciones tecnológicas a realizar se fundamenten en dos aspectos: el hardware (dispositivos de entrada y salida), y el software (programas para acceder al ordenador, programas de ayuda a la comunicación, los programas para el desarrollo del lenguaje y programas para el desarrollo de procesos cognitivos y de aprendizaje escolar).

Por todo esto, para lograr una correcta interacción y transmisión del conocimiento, la interfaz entre el ordenador y el usuario, debe permitir la adaptación a las características y necesidades de las personas. En los años recientes, este tema es uno de las principales preocupaciones de las instituciones y organismos, y han surgido numerosas iniciativas al respecto.

Nuestra principal motivación es crear herramientas que sean útiles, tanto para el profesorado como el alumnado con NEE, y en particular con síndrome de Down, en la enseñanza-aprendizaje de conceptos matemáticos.

En cuanto al alumno con síndrome de Down, este tipo de materiales didácticos multimedia, propiciarán un mayor interés y actitud positiva hacia el aprendizaje de las matemáticas y facilitarán la comprensión de los problemas simulados y planteados en contextos de la vida cotidiana. Por otra parte, se pretende propiciar la integración social y la autonomía personal de las personas con síndrome de Down a través del las nuevas tecnologías y del conocimiento de los conceptos matemáticos. Para que todo esto sea posible, habrá que solventar los problemas de accesibilidad a la tecnología que puedan presentar este tipo de alumnado, por ello, las interfaces a través de las cuales interactuaran respetarán los criterios de accesibilidad y usabilidad.

En este sentido, el conjunto de herramientas digitales que estamos desarrollando intentan ayudar a paliar y solventar algunos problemas que presenta el alumnado con síndrome de Down, tales como:

- Los alumnos con síndrome de Down (SD) presentan *problemas relacionados con el lenguaje debido a un procesamiento defectuoso de la información auditiva, por tanto tienen problemas en la comprensión y percepción del entorno*. La tecnología multimedia nos permite aprovechar el canal visual para facilitar el procesamiento de la información y el recuerdo visual y combinando efectivamente medios y modalidades, incrementaremos la atención y motivación del alumno y por medio de la animación se podrán representar situaciones problemas que de manera, verbal, textual o en fichas gráficas estáticas, son muy difíciles de visualizar. Por todo esto, ayudaremos a la comprensión de los problemas y el éxito en su resolución.
- Los alumnos con SD tienen *mayor dificultad en la transferencia y consolidación de aprendizajes*. Los problemas que se presenten deberán estar contextualizados en situaciones cotidianas al alumno para facilitar la transferencia de conocimientos al mundo real.
- Las personas con síndrome de Down presentan generalmente *problemas de motricidad fina*, estos problemas pueden ser resueltos adaptando la interacción y creando interfaces accesibles.

En el proyecto Divermates se han diseñado una serie de componentes, que pueden ser utilizados tanto de forma individual, como integrada en una arquitectura modular reusable. Los principales componentes de nuestro sistema, algunos ya finalizados y otros en proceso de desarrollo son: sistema de diagnóstico, sistema de aprendizaje multimedia, sistema de detección de errores y sistema de interacción basados en visión artificial. En este artículo nos centraremos en las interfaces diseñadas para el sistema de diagnóstico y la validación de los prototipos realizados hasta llegar a la interfaz definitiva.

2. Diseño e implementación de una pizarra digital adaptada para la resolución de problemas y algoritmos de suma y resta.

El sistema para poder detectar los errores y su causa, debe registrar cómo el alumno va colocando los números paso a paso y sus posiciones, el signo, las ayudas que utiliza, y finalmente el resultado.

El teclado se presenta como un dispositivo de interacción muy complejo para los alumnos con síndrome de Down en la selección de números, y también el ratón en la ubicación.

Por tanto, para proporcionar una interacción más adecuada a las necesidades planteadas, se ha creado una pizarra digital que presenta los números de 0 a 9, los signos, las ayudas y el formato del algoritmo de suma y resta. Esta pizarra permite escribir los números en las posiciones y un borrador si se equivoca y quiere eliminar los números escritos, similar a como lo realizaría en el papel.

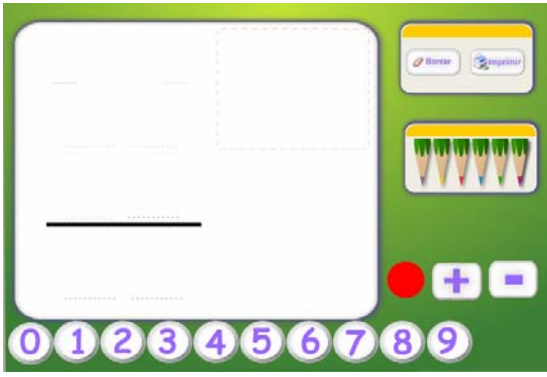
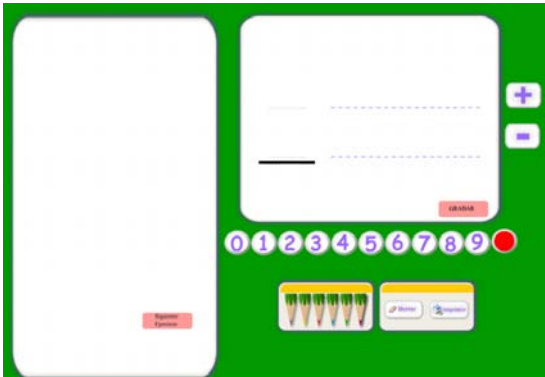
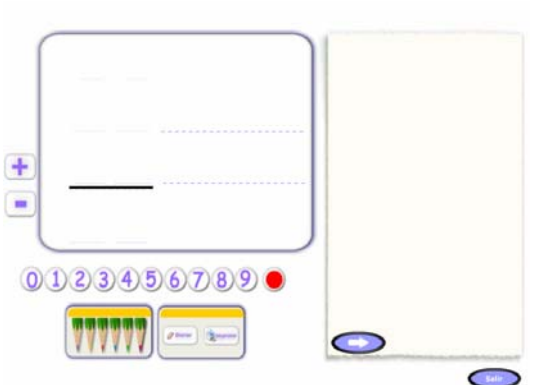

Esta pizarra será la principal interfaz de interacción que utilizará el alumno en la resolución de problemas y algoritmos de suma y de resta.

La metodología que utilizamos para diseñar las interfaces del sistema es la de un diseño iterativo centrado en el usuario, donde los usuarios finales son parte del equipo en todo el proceso de diseño y donde contemplamos los estándares de accesibilidad y usabilidad.

Los criterios de usabilidad y accesibilidad que se han tenido en cuenta para el diseño de los prototipos son:

- **Tamaño de gráficos y letras:** Las letras de los enunciados se presentan de colores diferentes tanto para el planteamiento como para la pregunta del enunciado, los gráficos tienen un efecto de zoom para agrandar la imagen al deslizar el ratón o los dedos en la pantalla táctil y los números también tienen el efecto zoom al ser colocados en la hoja de resolución.
- **Organización y presentación:** La disposición de los elementos en los gráficos es muy importante para poder agruparlos y facilitar el conteo de elementos, para que de esta manera ayuden a reforzar la comprensión del enunciado.
- **Lenguaje:** Hemos utilizado un lenguaje familiar adecuado al nivel cognitivo del alumnado en los enunciados de los problemas diseñados y en los mensajes del sistema.
- **Interacción:** Para facilitar la interacción del alumno con la interfaz hemos realizado una adaptación del ratón para arrastrar y soltar, hemos utilizado una pantalla táctil normal y estamos diseñando un emulador de pantalla táctil basado en visión artificial.
- **Movimiento:** Para facilitar el movimiento de colocación de números en las áreas sensibles se ha realizado la adaptación de la interacción de arrastrar y soltar y agregado nuevas funcionalidades en los botones de números.

A continuación se presentan los prototipos diseñados, utilizados en la fase inicial de validación de la usabilidad y accesibilidad de la pizarra digital, indicando algunos de los principales problemas detectados y las modificaciones realizadas hasta llegar a la versión final de la interfaz.

	
<p><i>Figura 1. Prototipo N° 1.</i> La barra de números presenta la dificultad para la colocación de los números de abajo hacia arriba. La zona de enunciados es muy pequeña. Los botones de los signos y la bolita para cálculos auxiliares tiene el mismo problema de la barra de números por su disposición a la derecha. .</p>	<p><i>Figura 2. Prototipo N° 2</i> La posición a la izquierda de la zona de enunciados distrae la mirada de la hoja de resolución, y conlleva a la pérdida de atención. Los signos quedan muy alejados de la barra de números y siguen estando a la derecha, dificultando su posicionamiento en la hoja de resolución.</p>
	
<p><i>Figura 3. Prototipo N° 3</i> Ídem prototipo 2. Se soluciona la posición natural de los signos a la izquierda, pero la disposición de la barra de números, dificulta la interacción para la resolución del ejercicio y la zona de enunciados sigue presentando el problema de atención.</p>	<p><i>Figura 4. Prototipo Final.</i> La disposición de los elementos está distribuida de manera de facilitar todas las interacciones dentro de la pizarra. La zona de enunciados se colocan en la parte superior a la hoja de resolución para centrar la mirada y por tanto la atención. Se facilita la interacción con la disposición natural de los elementos: barra de números y la caja de herramientas. Asimismo, el agente virtual se sitúa en la esquina superior derecha, donde los usuarios centran la atención inicialmente.</p>

3. Pizarra digital: elementos de interacción.

La pizarra digital consta de seis elementos/zonas de interacción principales, que son: a) zona de enunciados, b) barra de números; c) agente virtual; d) hoja de resolución y e) caja de herramientas. A continuación vamos a describir cada uno de estos elementos.

a) Zona de Enunciados

En la dulcería hay una tarta de fresa con 4 velas y una tarta de chocolate con 3 velas más que en la de fresa.

¿Cuántas velas hay en la tarta de chocolate?



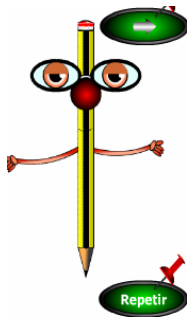
La presentación de los enunciados se presenta en forma textual, se trata de hacer diferencia entre el enunciado y la pregunta, destacando este último en un color y tamaño diferente. Acompaña al enunciado un gráfico que ayuda a reforzar la comprensión.

b) Barra de números.



La barra de números, esta compuesta de números del 0 al 9, los signos y la bolita para realizar los cálculos auxiliares. Los números y la bolita funcionan haciendo clic sobre ellas y llevándolas con otro clic al sitio donde se desea depositar. Una vez colocado en el sitio, los números pueden ser fácilmente reemplazados por otros números, con el mismo procedimiento anterior, sin necesidad de borrar el número anterior.

c) Agente Virtual.

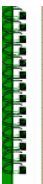


El agente virtual fue una de las adaptaciones que se realizaron para facilitar la lectura y la repetición de los enunciados. Nuestros sujetos de estudio, presentan dificultades de comprensión de la lectura, por lo cual un agente virtual ayuda no solo a tratar de resolver los problemas auditivos sino refuerza la comprensión de los problemas.

El agente fue desarrollado en colaboración con el área de Bellas Artes y fue implementada con Animaciones en Flash y generadas desde Java, el TTS (Text to Speech) de Festival. Se necesita del servidor Tomcat para poder generar las voces del texto de la base de datos.

Si bien el agente puede utilizarse con el TTS para cualquier idioma, también funciona con archivos de formato mp3 y wav. Actualmente el mismo está integrado en la pizarra digital, pero puede ser utilizado independientemente de esta aplicación en páginas web y otras aplicaciones que permitan la integración de Flash.

d) Hoja de resolución



$$\begin{array}{r} 2 \\ + 4 \\ \hline 6 \end{array}$$

Se puede dar el caso de que solo se habilitan las **áreas sensibles** sobre las líneas rojas y limite los posibles errores de encolumnamiento que pudieran realizar los alumnos, por lo cual, además de las líneas visibles rojas también se han habilitado, otras áreas sensibles en las cuales, el alumno puede dejar constancia de su intención.

e) Caja de herramientas.



Para el diseño de la caja de herramientas utilizada en la pizarra se tuvo en cuenta la metáfora entre los gráficos que representan las tareas a realizar con las actividades cotidianas que el alumno realiza en el aula.

4. Conclusiones

En este trabajo se ha presentado una propuesta de un sistema de ayuda al docente en la detección de errores en la resolución de problemas y algoritmos y su posterior tratamiento, utilizando interfaces accesibles. Hemos realizado un diseño centrado en el usuario, teniendo en cuenta en el proceso de diseño a los usuarios finales: los profesores que utilizarán el sistema y los alumnos.

Actualmente, estamos validando algunas de las herramientas concluidas, como el sistema de diagnóstico inicial y la primera fase de análisis y categorización de errores en la ATT21 y en el colegio ACAMAN. Los resultados nos permitirán realizar los ajustes necesarios a los sistemas, para la segunda fase, donde incluiremos la pizarra digital para la resolución de las actividades en la película multimedia.

Es importante destacar que si bien, en un principio este sistema está pensado para trabajar con alumnos con Síndrome de Down, podrá ser utilizado por cualquier tipo de alumnos y que aunque, inicialmente nos hemos propuesto analizar los errores en las operaciones de suma y resta, podrá ser ampliado a multiplicación y división.

5. Bibliografía

- [1] A. Bruno; C. González; L. Moreno; M. Noda; R. Aguilar; V. Muñoz (2005). Tutorial Inteligente para el Refuerzo de la Suma en Alumnos con Síndrome de Down. XI Jornadas sobre el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas (XII JAEM). Consejería de Educación, Cultura y Deportes de Canarias. Canarias.
- [2] Belén Hernández y Carina Gonzalez (2004), Uso de las TIC como herramientas para la diversidad. En libro del Máster DURIA.
- [3] Web Accessibility Initiative (WAI) homepage. www.w3.org/wai
- [4] e-Accessibility: Design for All. Recommendations for a Curriculum on Design for All and Network of National Centres of Excellence in the EU. http://europa.eu.int/information_society/topics/citizens/accessibility/dfa/curri_2002/index_en.htm
- [5] Ayudas Técnicas y Discapacidad. Asociación de Usuarios de Prótesis y Ayudas Técnicas, AUPA. Publicación: Madrid, Colección CERMI, nº 15, 2005. http://www.infodisclm.com/documentos/accesibilidad/ayudas_tecnicas.htm