

# Sistema de interacción multimodal para uso en rehabilitación de la afasia

**Sebastián Sastoque H.**  
Universidad Militar  
Nueva Granada  
Bogotá, Colombia  
sebsasto@gmail.com

**Soraya Colina M.**  
Fonoaudióloga Clínica  
e investigadora  
Bogotá, Colombia  
sorayacolina@hotmail.com

**Marcela Iregui G.**  
Universidad Militar  
Nueva Granada  
Bogotá, Colombia  
hilda.iregui@unimilitar.edu.co

## ABSTRACT

This article presents the evaluation of a multimodal interaction system for supporting rehabilitation therapies for people with aphasia. The system has three different interfaces, which employ advanced technologies to permit easy interaction. The study demonstrates the validity of the system for the rehabilitation process of people with disorders characterized by aphasia.

## RESUMEN

En este artículo se presenta la evaluación de un sistema de interacción multimodal para el apoyo en terapias de rehabilitación para personas con afasia. El sistema cuenta con tres interfaces diferentes, las cuales emplean tecnologías avanzadas y gracias a esto permiten fácil manejo de la aplicación. El estudio demuestra la validez del sistema para los procesos de rehabilitación de personas con trastornos neurolingüísticos caracterizados por afasia.

## KEYWORDS

Interacción Persona-Computador, Interfaces, Multimedia, Interacción Multimodal, Comunicación Aumentativa y Alternativa, Accesibilidad.

## INTRODUCCIÓN

Los trastornos neurolingüísticos son definidos como todos los cambios o alteraciones presentes en el lenguaje, derivados de una patología neurológica, como los accidentes cerebrovasculares, tumores cerebrales y enfermedades infecciosas como la meningitis, entre otros [8]. La afasia es un trastorno neurolingüístico, definido por Ardila [1], como la alteración en la capacidad para utilizar el lenguaje, con conservación de la inteligencia y la integridad de los órganos fonatorios, causada generalmente por un accidente cerebrovascular o un traumatismo encefalocraneano, y en algunos casos tumores cerebrales.

Mientras las tecnologías de la información y comunicación han transformado áreas como el entretenimiento y el comercio, además de ser acogidas por muchas disciplinas académicas, el impacto en la evaluación y tratamiento de desordenes del lenguaje ha sido relativamente poco. Pese a que los procesos de rehabilitación de la afasia siempre han utilizado los avances tecnológicos que dispone

la sociedad, como las grabadoras de voz y de vídeo, el uso de los computadores en el campo de la terapia del lenguaje, por parte de los terapeutas clínicos, es casi una excepción [7].

Por otro lado, las disfunciones físicas en el ámbito motor asociadas a la Afasia, como la hemiparesia, y los problemas cognitivos dificultan la comprensión e interpretación de ordenes complejas. Por esta razón, las modalidades convencionales de Interacción Humano Computador, específicamente el uso del ratón y el teclado, y la compresión de las interfaces tanto gráficas como de interacción que se presentan en la actualidad, son una gran barrera para la apropiación y el uso de la tecnología por parte de las personas que presentan el trastorno de la Afasia, lo que dificulta su uso en procesos terapéuticos[6].

Actualmente la mayoría de los profesionales que tratan la afasia utilizan material análogo, en su mayoría impreso, como las fichas de lotería, ejercicios para colorear y material realizado por ellos mismos. El número de software o herramientas tecnológicas para los procesos de rehabilitación es muy reducido y en muchos casos desconocidos.

En el mercado existen aplicaciones de software como Lexia 3.0, el cuál esta diseñado para tratar diversos trastornos del lenguaje, a través de un número variado de ejercicios. Por otro lado, The Online Multimedia Language Assistant, es un software que asiste al paciente en su comunicación, por medio de la recomendación de palabras para construir frases de manera sencilla. Finalmente, NL-Denomina es un software enfocado a la recuperación del léxico y palabras para trabajar su denominación [11].

Las herramientas mencionadas anteriormente a pesar de poseer buenos contenidos y ejercicios enfocados a rehabilitación, presentan la problemática de las interfaces gráficas complicadas, con demasiados botones e instrucciones para realizar una actividad, lo que confunde al usuario con afasia. Además, se utilizan interfaces convencionales, como el ratón y el teclado, dificultando la interacción entre el paciente y las aplicaciones, lo cual genera resistencia al uso de dispositivos tecnológicos en su terapia.

Por lo anterior, en este artículo se propone un sistema de interacción multimodal para uso en rehabilitación de la afasia, con una batería de ejercicios enfocados al tratamiento de dicho trastorno, con 3 modalidades de interacción diferentes



que pueden ser utilizadas de manera individual o simultánea, permitiendo el acceso de forma natural a una interfaz gráfica de usuario especializada. Dichas interfaces para interacción se basan en la detección y el reconocimiento de imágenes, la selección de comandos en una superficie utilizando un lápiz infrarrojo y el uso de los movimientos de un “trackball” especializado. En este trabajo, se muestra la utilidad de la herramienta tecnológica propuesta en los procesos de rehabilitación de la afasia, haciendo uso de técnicas multimodales de interacción.

La estructura de este artículo está definida de la siguiente manera: la primera sección trata los métodos de interacción, junto con los algoritmos utilizados. Luego, se presenta la explicación de las funcionalidades del sistema. La tercera sección comprende la batería de ejercicios y su uso en procesos terapéuticos. Posterior a esto, se presentan los protocolos de pruebas, resultados y finalmente se enumeran las conclusiones de este trabajo.

## MÉTODOS DE INTERACCIÓN

Los métodos de interacción utilizados en este trabajo, se diseñaron basándose en las necesidades de los usuarios con afasia, cuyas habilidades motoras son reducidas y presentan dificultades de seguir instrucciones complejas. Es así como se presentan tres interfaces acordes con la problemática: detección y reconocimiento de imágenes, selección de comandos con un lápiz infrarrojo (IRPen) en una proyección de una GUI y manipulación de un “trackball”; de acuerdo con estudios preliminares de evaluación en interfaces multimodales [15].

### Detección y Reconocimiento de Imágenes

El uso de imágenes en los procesos de comunicación del ser humano es fundamental, ya que en la mayoría de los casos una palabra puede ser asociada de manera fácil con un concepto en concreto, de tal manera que un individuo se pueda expresar de manera sencilla, sin la necesidad de conocer como escribir o decir lo que quiere comunicar [2,9].

La técnica de interacción basada en la detección y reconocimiento de imágenes, que se muestra en la figura 1, utiliza un conjunto de sesenta (60) fichas plásticas, que poseen símbolos pictográficos asociados a un concepto, en seis (6) categorías, como lo propone el Sistema Pictográfico de Comunicación (SPC) utilizado en métodos de Comunicación Aumentativa y Alternativa (CAA).



Figura 1. Técnica de interacción basada en la detección y

## reconocimiento de imágenes.

El método de reconocimiento, que se puede observar en la figura 2, inicia con el proceso de sensado, el cual se realiza por medio de una cámara web. Se analiza en tiempo real, cada fotograma del video (15 fotogramas por segundo), para detectar cambios significativos utilizando la técnica de Diferencia de Imágenes [12] y decidir así si existe movimiento. En el caso de no detectar movimiento, se inicia el preprocesamiento del último fotograma para el cual se realiza un proceso de segmentación para detectar el área donde se encuentra la ficha.

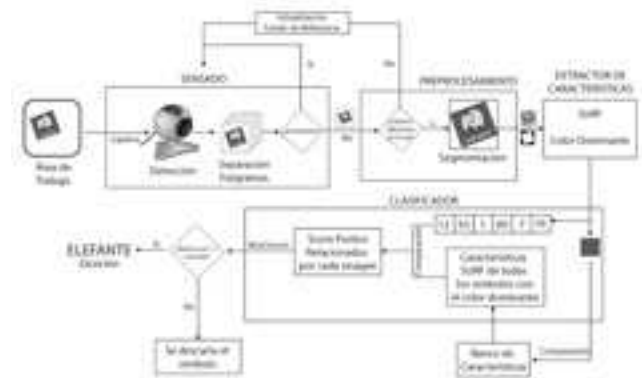


Figura 2. Técnica de reconocimiento de patrones para la clasificación de los símbolos pictográficos.

El proceso continúa con la extracción de características la cual se realiza a partir de dos técnicas que permiten la descripción de imágenes: la primera de ellas es el color dominante que se presenta en la ficha, ya que cada categoría utilizada posee un fondo de color característico y la segunda los descriptores obtenidos a partir de la técnica de Speeded-Up Robust Features (SURF)[3]. Este último por la robustez del algoritmo ante cambios en tamaño, rotación y oclusiones.

La fase de clasificación se realiza obteniendo, de un banco de imágenes, el conjunto de imágenes que poseen un color dominante similar al extraído del pictograma que se está analizando. Con el grupo de imágenes clasificado anteriormente, se procede a la comparación de los descriptores SURF con los de la imagen analizada, por medio del algoritmo de distancia mínima. Con esto se determina un puntaje para cada imagen del banco, el cual está dado por la cantidad de puntos relacionados entre la imagen del banco y la imagen que se está analizando.

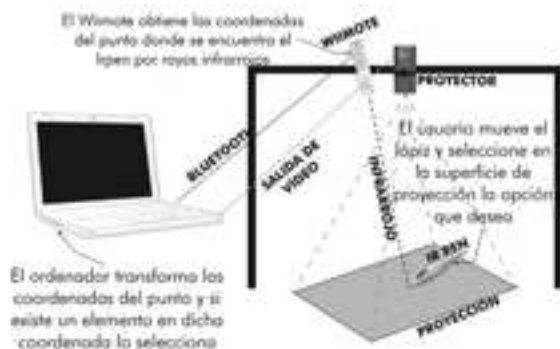
La imagen analizada se clasifica como igual a una imagen del banco de pictogramas, si el puntaje obtenido es mayor al 80% del total de puntos de la imagen del banco. En dado caso que 2 o más imágenes superen este porcentaje, se procede a clasificarla como igual a la imagen que posea el mayor puntaje. En caso que el puntaje no supere el porcentaje se indica que la imagen no se encuentra en el banco.

### Selección de comandos con IRPen

El uso de lápices para los procesos de escritura se inicia generalmente desde muy temprana edad, su forma de utilización puede considerarse como un proceso mecánico, que se recuerda de manera sencilla, a pesar de la discapacidad que poseen las

personas con afasia para la comunicación o la escritura [2]. Por lo anterior, el sistema utiliza una interfaz de interacción por selección de comandos usando un lápiz emisor de señales infrarrojas (IRPen), como se muestra en la figura 3.

Esta interfaz posee una configuración especial, en la cual, por medio de un mini proyector, un lápiz emisor de rayos infrarrojos y un control “Wiimote”, el usuario interactúa de forma natural con la interfaz gráfica (GUI) sobre una superficie de trabajo.



**Figura 3. Técnica de interacción por selección de comandos con un Lápiz Infrarrojo (IRPen) en una superficie.**

La captura de las coordenadas en la superficie se realiza con el “Wiimote”, el cual interpreta la fuente de rayos infrarrojos (IRPen) y la comunica al ordenador por medio de bluetooth. El computador hace la transformación de coordenadas y si el punto coincide con algún elemento de la interfaz, se realiza la acción de dicho elemento.

### Manipulación del “Trackball”

Se conocen como Tecnologías de Asistencia (TA) [5], a aquellos dispositivos, pieza de equipamiento o sistema de productos, adquiridos comercialmente, modificados o hechos a medida de cada individuo, que se utilizan para aumentar, mantener o mejorar las capacidades funcionales de individuos con discapacidad para su vida cotidiana o el acceso de servicios.

El “trackball” es un dispositivo de TA, que reemplaza el uso del ratón y ayuda al acceso del computador, sin la necesidad del desplazamiento del dispositivo en la superficie. En la mayoría de los casos, se puede utilizar con los dedos, las manos, los codos y los pies.

La técnica de interacción por medio del “trackball”, que se muestra en la figura 4, utiliza los movimientos de la bola para el control del puntero del ratón y los botones para la selección de una acción. Este modelo de interacción es similar al utilizado por el ratón, con la diferencia de que en el caso del “trackball” el dispositivo no se mueve, facilitando el control del puntero al no

requerir de movimientos finos y precisos para su funcionamiento.



**Figura 4. Técnica de interacción por manipulación de un “Trackball”.**

### DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Los dispositivos utilizados por el sistema son de fácil acceso en el mercado, estos son: el “Wiimote”, la cámara web, el mini proyector, el IRPen, el “trackball”, las fichas con los pictogramas, los parlantes y un computador. El montaje de dichos dispositivos, posee una disposición especial para el correcto funcionamiento de los métodos de interacción, que se puede observar en la figura 5.



**Figura 5. Disposición de los dispositivos para los procesos de interacción.**

El objetivo del sistema es proporcionar una herramienta tecnológica a los terapeutas, que pueda ser utilizada en los procesos de rehabilitación de los pacientes con afasia. Para ello, cuenta con la gestión de múltiples pacientes y tres funcionalidades principales: estudiar, evaluar y agendar ejercicios.

Las funcionalidades de estudiar y evaluar se dirigen principalmente a presentar ejercicios a los pacientes con una instrucción en texto y audio, una imagen representativa del ejercicio y sus opciones, como se muestra en la figura 6.



Figura 6. Presentación de la actividad en las funcionalidades de estudiar y evaluar.

La funcionalidad *Agendar ejercicios*, permite al terapeuta buscar y asignar a un paciente específico, las actividades necesarias para su tratamiento. Por su parte, la funcionalidad *Estudiar* brinda al terapeuta la oportunidad de entrenar al paciente en diversos procesos neurolingüísticos, por medio de las actividades propuestas. Finalmente, la funcionalidad *Evaluar*, ayuda al terapeuta a evaluar los procesos realizados en sesiones previas de estudio, para así poder enfocarse en la rehabilitación de las áreas más afectadas y de menor recomendación.

El ciclo del sistema inicia con el agendamiento de ejercicios a un paciente, el paciente realiza la sesión terapéutica con el sistema realizando sus ejercicios asignados y al finalizar el sistema indica que se puede proceder a evaluar las habilidades obtenidas en la sesión de estudios. Dicha evaluación se puede realizar en la misma o en la siguiente sesión. El sistema no permite el agendamiento de nuevos ejercicios hasta no haber realizado la evaluación de todas las actividades que se han estudiado. Al finalizar la sesión de evaluación, el ciclo vuelve a comenzar.

## BATERÍA DE EJERCICIOS

Los ejercicios que presenta el sistema, se basan en el modelo para rehabilitación planteado por Sardinero [14], el cuál fue concebido a partir de conocimientos teóricos y procedimientos metodológicos recientes en el ámbito de la neuropsicología cognitiva, de la estimulación y rehabilitación neuropsicológica, campos que influyen directamente en el tratamiento de la afasia.

La batería de ejercicios cuenta con seis (6) categorías y dieciséis (16) actividades en total, que se pueden observar en la figura 7. La selección de las imágenes, textos y audios de cada actividad responden a las necesidades de los pacientes, como lo son: su vocabulario, su idioma, sus capacidades perceptivas, sus intereses y su estado psicológico.

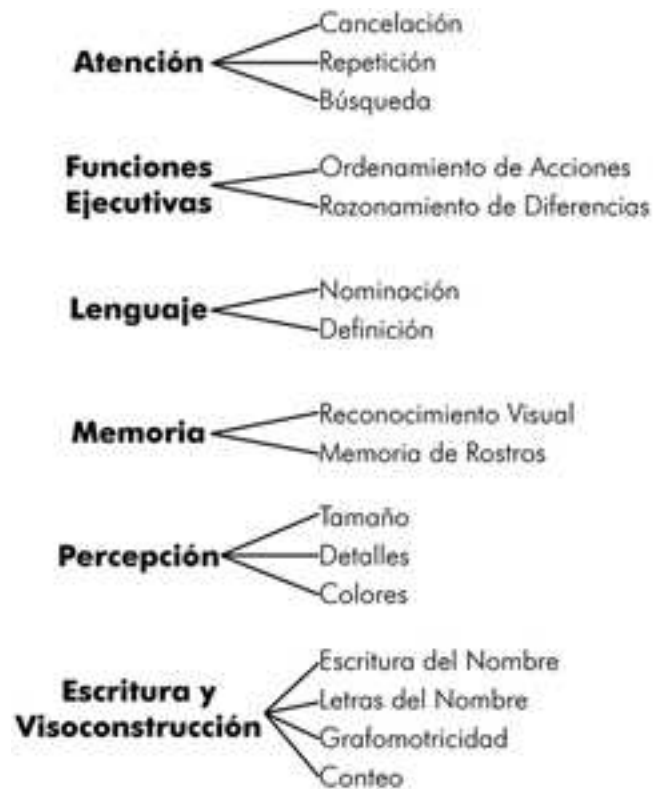


Figura 7. Categorías y actividades de la batería de ejercicios.

Las actividades de cada categoría tienen como objetivo reforzar y ayudar en el proceso de rehabilitación de un área específica de las capacidades neurolingüísticas y neuropsicológicas del individuo.

La categoría de *Atención* está enfocada a mejorar y mantener la capacidad de concentración y de atención de la persona. La de *Funciones Ejecutivas* se especializa en estimular los procesos de razonamiento, control atencional y toma de decisiones. La categoría de *Lenguaje* trata el mantenimiento y restablecimiento de las habilidades comunicativas del paciente. La de *Memoria* busca mantener las estrategias y técnicas efectivas que estimulen el mantenimiento, aprendizaje y recuperación de la información. La categoría de *Percepción* busca estimular la capacidad de la persona para identificar los objetos del entorno. Finalmente, la de *Escritura y Visoconstrucción* ayuda en el control de la grafomotricidad, el cálculo simple y la escritura.

Las actividades que utiliza el sistema, se basan en el seguimiento de una orden por parte del paciente, quien debe elegir la respuesta correcta entre un grupo de posibilidades.

La gran mayoría de las preguntas son de selección única y múltiple, según el objetivo de la actividad. Por ejemplo, en

la actividad de *cancelación* el paciente debe elegir todos los elementos que son iguales a un estímulo presentado, mediante una selección múltiple; por otro lado, en la actividad de definición, se le pregunta al paciente que señale el objeto que corresponde a una *definición* dada, por medio de una selección única.

Cabe destacar entre las actividades, aquellas de *Nominación y Escritura del Nombre*. La primera, utiliza como única interacción la detección y reconocimiento de imágenes, y el ejercicio consiste en ordenarle al paciente que ponga frente al sistema, en un área determinada, la ficha que corresponde a un concepto dado. La segunda, motiva la escritura del nombre del paciente, por medio del reconocimiento de texto escrito, caracterizando los trazos hechos con el IRPen sobre la superficie, la cual se detecta en ocho direcciones posibles. Dicha caracterización es comparada con la de cada letra del abecedario por medio del algoritmo de distancia mínima de Levenshtein[4], como se muestra en la figura 8.

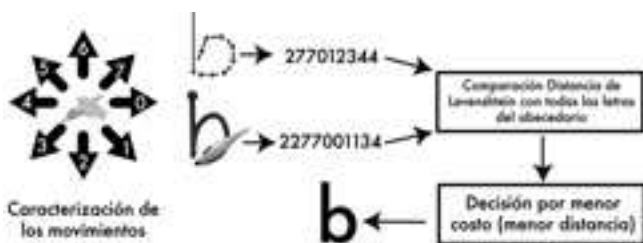


Figura 8. Descripción del algoritmo utilizado para el reconocimiento de trazos.

## PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Se realizaron pruebas experimentales con tres pacientes con afasia motora eferente y 8 terapeutas con experiencia en el tratamiento de la afasia. El objetivo principal de las pruebas fue validar la usabilidad del sistema.

En cuanto a las características y cantidad de los participantes, algunos estudios han llegado a la conclusión de que realizar pruebas a un gran número de participantes no proporciona mucha más información que realizar las pruebas a sólo unas pocas personas, dado que los primeros participantes darán con la mayoría de problemas de usabilidad[17]. Algunas investigaciones [10,16], demuestran que entre tres y cinco participantes son suficientes para localizar el 85% de los problemas de usabilidad, en los casos en los que el tipo de usuario es muy homogéneo y utilizará el producto de forma similar[13].

Por otro lado, para encontrar participantes con discapacidad es necesario tener en cuenta los criterios de selección utilizados, entre más específicos sean estos criterios, se requiere mayor tiempo y esfuerzo para encontrar a los participantes de las pruebas. Dado que la afasia es una discapacidad específica, el número de pacientes que se pueden encontrar para realizar pruebas es muy bajo. Por tal motivo, siguiendo las recomendaciones de Virzi[17], Nielsen[10] y Spool y Schroeder [16], las pruebas de pacientes se

hicieron con tres participantes con afasia motora eferente y ocho terapeutas con experiencia en el tratamiento de la afasia.

## Pruebas con pacientes

Las pruebas realizadas con los pacientes (figura 9), se enfocaron en medir la facilidad de uso de las interfaces de interacción y validar la utilidad del sistema en procesos terapéuticos. Dichas pruebas, fueron asistidas por el terapeuta tratante y en ningún caso se evaluaron las capacidades cognitivas ni las habilidades comunicativas de los pacientes. Para medir la usabilidad se le solicitó a cada paciente que realizara un ejercicio de cada actividad, utilizando los métodos de interacción por separado y en conjunto. Luego de realizar los ejercicios se les presentó un cuestionario con las preguntas:

1. ¿Le gustó utilizar el sistema?
2. ¿Entendió la manera de utilizar el sistema?
3. ¿Volvería utilizar el sistema en sus terapias?
4. ¿Cree que el sistema le ayudaría en el tratamiento de su discapacidad?
5. ¿Sintió angustia o confusión al utilizar el sistema?



Figura 9. Pruebas de usabilidad del sistema realizadas a pacientes

Además se solicitó a cada individuo que libremente expresara cualitativamente su experiencia con el sistema. El cuestionario fue contestado por el paciente con la asistencia del terapeuta.

## Pruebas con terapeutas

Para las pruebas con los terapeutas, primero se expuso la generalidad de la aplicación y del sistema en general. Se les informó sobre los objetivos del mismo, sus contenidos, sus funcionalidades, las interfaces de interacción y su forma de uso. Luego cada uno de los usuarios realizó pruebas en el sistema de forma autónoma, por medio del desarrollo de actividades y ejercicios propuestos, con cada método de interacción. Lo anterior con el fin de validar las funcionalidades estudiar, evaluar y agendar ejercicios. Al finalizar, se realizó una encuesta en la que se busca evaluar facilidad de uso, utilidad y contenidos. Además, Se solicitó a cada uno la valoración de cada interfaz de interacción con un valor numérico de 1 a 10 en las cualidades de facilidad, memorabilidad, naturalidad y eficiencia.

## RESULTADOS

### Pruebas con pacientes

De acuerdo con las pruebas realizadas con los pacientes, para cada pregunta se obtuvieron los resultados que se observan en la tabla 1.

Pregunta	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3
¿Le gustó utilizar el sistema?	Si	Si	Si
¿Entendió la manera de utilizar el sistema?	Si	Si	Si
¿Volvería utilizar el sistema en sus terapias?	Si	Si	Si
¿Cree que el sistema le ayudaría en el tratamiento de su discapacidad?	Si	Si	Si
¿Sintió angustia o confusión al utilizar el sistema?	No	Si	No

**Tabla 1. Respuestas de los pacientes a las preguntas realizadas.**

Además, en las opiniones cualitativas del sistema, se obtuvieron comentarios diversos y en general positivos como por ejemplo el referido por el Paciente 2, quién ante la pregunta que cómo le pareció la experiencia con el sistema, contestó: *“Es Muy buena, los medios utilizados para llevar a cabo el ejercicio. Sentí alegría, incertidumbre si lo que marcaba estaba bien, me sentí feliz cuando acertaba”*.

### Pruebas con terapeutas

El resultado de la valoración de las cuatro cualidades por cada interfaz, se observa en la tabla 2. Para cada una de las cualidades se determinó el promedio de la calificación a las preguntas relacionadas.

A su vez, se calculó la media de las calificaciones por cada cualidad para los 8 terapeutas que intervinieron en la prueba.

Cualidad	IRPen	Trackball	Fichas
Facilidad	8.26	8.76	8.76
Naturalidad	8.76	8	8.76
Eficiencia	9.5	8.26	8.5
Memorabilidad	9.5	8.26	9
<b>Promedio</b>	<b>9</b>	<b>8.32</b>	<b>8.75</b>

**Tabla 2. Promedio de la valoración numérica de las interfaces de interacción.**

La evaluación por parte de los terapeutas, de los criterios de usabilidad del sistema se pueden observar en la tabla 3. En esta, se evidencia el promedio de calificaciones de 0 a 10 por parte de los terapeutas en relación a preguntas realizadas para medir cada aspecto.

Terapeuta	Facilidad de uso	Utilidad	Contenidos
Terapeuta 1	9.72	8.26	9.76
Terapeuta 2	10	8	8.26
Terapeuta 3	8.28	9.5	6.58
Terapeuta 4	6.58	6.76	5.76
Terapeuta 5	9.72	9.5	9
Terapeuta 6	9.42	9.5	9.5
Terapeuta 7	8.86	8.5	7.26
Terapeuta 8	8.86	8.76	8.76
<b>Promedio</b>	<b>8.94</b>	<b>8.6</b>	<b>8.12</b>

**Tabla 3. Promedio de la valoración numérica de los aspectos de usabilidad.**

En las entrevistas realizadas a los terapeutas, en las que se les pedía referirse a la experiencia y concepto del sistema, el terapeuta con mayor experiencia en tratamiento de la afasia refiere: *“La ejecución de las acciones en el sistema por parte del terapeuta y del paciente son muy claras y simples, lo cuál es importante en función del tiempo de ejecución. El sistema tiene mucho potencial terapéutico más allá del manejo de la afasia”*.

A su vez el terapeuta con menor experiencia refiere: *“Es un sistema fácil de usar; llamativo y agradable. Usa herramientas como el lápiz, las fichas y el trackball, que son de fácil manejo. Esta bien organizado y es un sistema que abre más puertas en la continuidad de elaboración de material terapéutico”*.

## DISCUSIÓN

### Pruebas con pacientes

Las pruebas con pacientes muestran unos resultados positivos, en general los pacientes manifiestan agrado por el sistema y su interfaz. Además en general refieren que volverían a utilizarlo en su proceso terapéutico.

Es de destacar el comentario referido por la paciente 2 en cuanto manifiesta que sintió alegría e incertidumbre, sentimientos muy propios de los juegos. El paciente estaba tan inmerso en los ejercicios, que la angustia generada por la interacción con el computador, pasó a ser aquella que se genera al disfrutar de una actividad lúdica.

### Pruebas con terapeutas

En lo referente a las pruebas con los terapeutas, los resultados también fueron positivos, en promedio todas las calificaciones se puntúan por encima de ocho (8) lo cual es bastante satisfactorio.

En cuanto a las cualidades de las tres interfaces de interacción, es de destacar la buena valoración que se le da al uso del lápiz con la superficie proyectada. Esto corrobora la hipótesis de que se realiza intuitivamente y los problemas que podían surgir están relacionados con la fuerza y la postura del mismo.

Por otro lado, a pesar de que el trackball podría ser fácilmente usado por personas con dificultades motoras, no fue la interfaz mejor calificada. Esto teniendo en cuenta que se requiere algún entrenamiento previo para su uso.

Finalmente en relación con la evaluación general de los tres criterios de calidad, facilidad de uso, utilidad y contenidos, es claro que la primera es la característica más importante del sistema. Sin embargo, la utilidad y los contenidos tienen buena calificación a pesar de ser un sistema piloto. Estos últimos pueden ser mejorados mediante la ampliación del rango de ejercicios.

## CONCLUSIONES

En este artículo se presenta un sistema de apoyo a las terapias de rehabilitación de personas con afasia, el cual posee mecanismos multimodales de interacción y se demuestra que estos son de utilidad para el sistema ya que facilita su uso y es de gran utilidad como apoyo a las terapias de personas con problemas neurolingüísticos.

El sistema fue probado por pacientes y terapeutas logrando una gran acogida entre ambas poblaciones y se presenta como una herramienta válida y de bajo costo para implementarla en clínicas y centros especializados.

Quedan abiertas las puertas para usarla en pacientes con problemas diferentes y en mejorar o adicionar nuevas y novedosas interfaces que permitan mejor accesibilidad.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer muy especialmente a los pacientes y terapeutas que participaron en el estudio y al grupo de investigación ACCEDER de la Universidad Militar Nueva Granada.

## REFERENCIAS

- [1] Ardila, A. (2006). *Las Afasias*. Department of Communication Sciences and Disorders, Miami, Estados Unidos.
- [2] Basil, C., Soro-Camats, E., y Rosell, C. (2004). *Sistemas de signos y ayudas técnicas para la comunicación aumentativa y la Escritura*. Masson.
- [3] Bay, H., Ess, A., Tuytelaars, T., y Gool, L. V. (2008).

*Speeded-Up Robust Features (SURF)*. *Computer Vision and Image Understanding*, 110(3):346-359.

- [4] Cáceres, A., (2008). La métrica de Levenshtein. *Revista de Ciencias Básicas UJAT*, 7(2):35-43.
- [5] Cook, A. M., Polgar, J., y Hussey, S. (2008). *Cook y Hussey's assistive technologies: Principles y practice*. Mosby Elsevier, St. Louis.
- [6] Flores, B. G. (2008). *Las afasias: Conceptos clínicos*. En *Manuales de Medicina de Comunicación Humana*, número 7. Instituto de la Comunicación Humana.
- [7] Iza, M. (2003). *Tecnología computacional en afasia*. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 56(1):101-123.
- [8] Martínez, J. M. (2008). *Neurolingüística: patologías y trastornos del lenguaje*. *Revista Digital Universitaria*, 9(12).
- [9] Mayer, J. (1981). *The Picture Communication Symbols*. Stillwater.
- [10] Nielsen, J. (2000) *Why You Only Need to Test With 5 Users*.
- [11] Ríos Rincón, A., Laserna Gutiérrez, R., Melo Olivera, R., Vargas, M. C., y Ramírez, N. C. (2007). *Tecnología y discapacidad*. Reporte Técnico, Universidad del Rosario.
- [12] Rivas Perea, P. y Chacón Murguía, M. (2005). *Evaluación de métodos de detección de movimiento*. In *ITCH - ELECTRO 2005*.
- [13] Rubin, J., Chisnell, D. y Spool, J. (2001) *Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests*. John Wiley & Sons.
- [14] Sardinero, A. *Presentación y guía didáctica de la colección "Estimulación cognitiva para adultos. Talleres Cognitiva, 2010*.
- [15] Sastoque, S., Colina, S., y Iregui, M. (2012). *Multimodal interaction system for people with disabilities*. En *Webmedia2012*. Universidad de Sao Paulo.
- [16] Spool, J. y Schroeder, W. (2001) *Testing web sites: five users is nowhere near enough*. In *CHI '01 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '01*, páginas 285–286. ACM, New York, NY, USA.
- [17] Vizri, R.A. (1990) *Streamlining the design process: Running fewer subjects*. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, vol. 34(4), páginas 291–29.

