

Aplicación Móvil para Tamizaje Neuropsicológico

M. Moreno¹, P. Benavides², A. Rico², O. De Castro¹, O. Utria², R. Reyes¹,
and D. González¹

¹ Ingeniería Multimedia, Universidad de San Buenaventura
mamoreno@academia.usbbog.edu.co,

{odecastro, rreyes, dgonzalez}@usbbog.edu.co

² Psicología, Universidad de San Buenaventura
{pbenavides, arico, outria}@usbbog.edu.co

Resumen Este trabajo muestra el desarrollo de una aplicación móvil específicamente diseñada para la realización de tamizaje neuropsicológico en niños, que permite evaluar su capacidad cognitiva para enfrentarse a retos académicos y de vida diaria durante su crecimiento. Para esto se ha construido la aplicación que se ejecuta en una tableta inteligente, con capacidades de interacción actuales, que permiten la realización del tamizaje en la forma de juegos y actividades, que sustituyen las herramientas tradicionales, al tiempo que se recolectan automáticamente los datos relevantes al análisis del perfil cognitivo para las funciones de atención, memoria, lenguaje, habilidades visoconstruccionales y de funciones ejecutivas. La aplicación se encuentra en etapa de validación, para ser aplicada en población infantil, y se ha utilizado, además, para comprobar la viabilidad de la aplicación de la programación por bloques, usando App Inventor 2, para construcción de herramientas masivas y prototipaje rápido de aplicaciones reales por estudiantes de semestres básicos de ingeniería.

Keywords: Tamizaje · Niño · Neuropsicología · Aplicación movil · Programación · App Inventor · Atención · Memoria

1. Introducción

La neuropsicología infantil es un campo de especial interés debido a los aportes en detección temprana y conocimiento frente a la evolución del desarrollo de procesos superiores durante la etapa de adquisición y consolidación de los mismos. Lo anterior permite determinar un pronóstico con relación a la facilidad con la que el niño afrontará exigencias en ámbitos académicos y sociales entre otros ([2] y [4]). El obtener información de un perfil cognitivo en la infancia es relativo ya que será cambiante con respecto a su edad y maduración cerebral [1], por esto la precisión y el estudio de instrumentos específicos en neuropsicología infantil cobra relevancia, debido a que los constructos a medir implican procesos dinámicos, puesto que el cerebro se encuentra aún en desarrollo, a diferencia de la neuropsicología del adulto donde en su mayoría se encuentran ya adquiridos y completos.

1.1. Instrumentos de Tamizaje Neuropsicológico

El campo de la evaluación neuropsicológica en niños cuenta con diversos instrumentos que, si bien tienen en cuenta muchas habilidades, suelen ser extensos, con largos periodos de duración y mediados por la motivación e interés del niño a participar de actividades alternadas con material concreto y actividades de papel.

De acuerdo a este contexto, surge el interés por diseñar un instrumento de tamizaje que a través de un rastreo del rendimiento en habilidades tales como atención, memoria, lenguaje, habilidades visoconstructivas y funciones ejecutivas, oriente a profesionales en clínica y en colegios frente a una necesidad de evaluación neuropsicológica posterior. Es importante tener en cuenta que a la edad de 7 años, los niños cuentan con un proceso de maduración importante y susceptible a la medición en estas dimensiones, y adicionalmente podría identificar elementos del desarrollo del niño hasta incluso visualizar en conjunto cómo va a ser el proceso de consolidación en las habilidades académicas [10]. Así mismo la propuesta de formato computarizado, aportará a la motivación del niño al enfrentarse al instrumento, adicionalmente, dicho formato brinda versatilidad y optimización de recursos, reduciendo el uso de papel, aumentando la probabilidad de acceso a toda la comunidad profesional y permitiendo la facilitación en la obtención de resultados.

El uso de aplicaciones móviles para tamizaje neuropsicológico ya ha sido reportada en el 2011 [8], y su factibilidad ha sido validada como instrumento. Sin embargo, en Colombia no se ha reportado su uso. Es importante destacar que debido a lo amplio de las pruebas del tamizaje, que incluyen lenguaje, una versión local del instrumento es necesaria para cada región.

1.2. App Inventor como Herramienta de Desarrollo

Un instrumento de tamizaje neuropsicológico es, desde el punto de vista del desarrollo de sistemas de interacción hombre-computador o HCI (*Human Computer Interaction*), un conjunto masivo de minisistemas interactivos, o minijuegos, donde la complejidad de cada juego es baja. Por otro lado, la variedad de requerimientos de interacción es alta, utilizando todo tipo de mecanismos de la plataforma de destino, como clicks, arrastrado de objetos, dibujado en pantalla, uso de audio, video, cámara fotográfica, además de elementos tradicionales de interfaz de usuario via texto y botones.

Este conjunto de características hace del desarrollo del instrumento, un caso pertinente para el uso de herramientas de prototipado rápido distribuido en múltiples desarrolladores que pueden no tener un alto grado de entrenamiento. App Inventor [7] es una herramienta de programación gráfica por bloques que permite la creación rápida de aplicaciones sencillas, como minijuegos en ambiente android, permitiendo prueba de conceptos, y el acceso a la programación de aplicaciones de personas con poco entrenamiento en ciencias de la computación y programación, como en [9] y [5]. En este trabajo se comprueba la hipótesis de que una herramienta como la requerida puede ser desarrollada mediante la

integración de decenas de minijuegos desarrollados de forma distribuida por estudiantes con conocimientos básicos de programación.

2. Metodología y Herramientas

En general se utilizó como metodología Scrum [6], con ciclos cortos de desarrollo cercano con los especialistas en Neuropsicología, para ajustar los requerimientos en primeras versiones, ya que los modos de interacción definidos son bastante rígidos, y no dan espacio para grandes variaciones.

Se realizó un desarrollo distribuido, utilizando 3 estudiantes de Ingeniería Multimedia e Ingeniería de Sistemas de semestres 3 y 4 de sus carreras como desarrolladores de los minijuegos, que en total serían 54. Esta división se realizó de acuerdo con las dimensiones o funciones en las cuales está naturalmente dividido el estudio de tamizaje. Estos desarrollos fueron evaluados, por separado, por los especialistas en neuropsicología para dar realimentación a la implementación de los modelos de interacción de cada una. Una vez obtenida una versión aceptada de cada modelo de interacción, se realizó una integración de minijuegos en una sola aplicación que aplica los juegos secuencialmente de acuerdo con las necesidades del tamizaje. Una parte fundamental de la integración es la incorporación de los mecanismos de gestión de datos del participante y detección y registro de resultados de las pruebas, para la generación de reportes globales.

2.1. Herramientas

La herramientas necesarias consisten en la infraestructura de desarrollo en línea de App Inventor:

App Inventor 2. Se utilizó su entorno de desarrollo en línea, basado en su antecesor Scratch, que consiste en una herramienta sencilla de programación por bloques gráficos, los cuales tienen formatos de programación estándar y acceso a herramientas encapsuladas del dispositivo móvil. Esta herramienta tiene una limitación general, que es su exclusividad para la plataforma de android, dejando para posteriores versiones un desarrollo separado para plataforma IOS [7].

Amazon Code App Inventor Server. App Inventor 2 funciona como herramienta en línea administrada por el MIT (Massachusetts Institute of Technology) y con soporte de servidores de Google, pero también puede usarse mediante servidores locales, privados o de otros proveedores. Los servidores de MIT-Google tienen un máximo establecido de 5 Mbytes en el tamaño de proyectos, que representa una limitación para nuestra aplicación, de modo que se utilizaron servidores de Amazon³, que no presentan esta restricción.

³ <http://code.appinventor.mit.edu>



Figura 1. Ejemplo de pantallas administrativas de la aplicación NEUPSI.

AI2 Project Merger Tool. Esta herramienta permite la integración, con algunas restricciones, de dos aplicaciones construidas en App Inventor 2, en una sola. Se utilizó para casos sencillos de integración [3].

3. La Aplicación Móvil

La aplicación construida como resultado, es un instrumento interactivo para dispositivos de tipo Tableta Android capaz de realizar un conjunto de pruebas, en la forma de mini-juegos, que recolecta información sobre habilidades cognitivas en múltiples dimensiones neuropsicológicas. En este apartado se especifican sus funcionalidades, especificaciones y arquitectura.

3.1. Funcionalidades y Especificaciones

- Requerimientos de Hardware: Tablet con pantalla de de 7 ó 10 pulgadas, 2 Gb de Memoria ram y 20 Megabytes disponibles de espacio de almacenamiento.
- Contiene un conjunto de 54 Pruebas interactivas de 5 dimensiones o funciones cognitivas: Atención, Memoria, Lenguaje, Habilidades Visoconstruccionales y Funciones Ejecutivas, distribuidas como se muestra en el cuadro 1.
- Las pruebas interactivas son específicamente diseñadas para evitar elementos de distracción que puedan afectar la recolección de datos.
- Registro de datos completos de participante, especialista y otros datos importantes, en pantallas como muestra la figura 1.

Cuadro 1. Distribución y total de ítems del tamizaje implementado.

Función	Canales	Tipos
Atención	2	4
Memoria	2	4
Lenguaje	2	5
Habilidades Visoconstruccionales	1	2
Funciones Ejecutivas	3	3
Total de ítems por tipo		18
Total de ítems con nivel de complejidad (bajo,medio,alto)		54

- Registro automático de resultado de cada prueba en un reporte, guardado en base de datos local del dispositivo, así como en archivos de texto.

En la figura 2 se muestra toda la estructura de las 54 actividades, de acuerdo a la función a ser evaluada. En la figura, cada **función** está dividida en **canales**, que representan los aspectos sensoriales **tipo** de función. Por ejemplo, la primera tarea, “Dibujos con Espacios”, es una actividad de tipo “Atención Visual Sostenida”. A continuación describimos la estructura de las pruebas implementadas en la aplicación en relación con cada función cognitiva a evaluar.

Atención Visual y Auditiva Esta función cognitiva está formada por 12 pruebas interactivas que evalúan el nivel de atención visual y auditivo, sostenida y selectiva, mediante juegos de selección de figuras con y sin marcos, con y sin distracción. En la figura 3 se muestran dos actividades, una de atención visual sostenida (animales semejantes al principal) y una de atención visual selectiva (parejas de peces). En el caso auditivo, las actividades incluyen sonidos con y sin distracciones, que el participante debe reconocer y seleccionar. En estas actividades, la aplicación guarda las selecciones correctas, y otras variables relevantes a la evaluación, como la perseveración en la selección, así como el tiempo que le toma al participante seleccionar todas las opciones correctas.

Memoria visual y auditiva En esta función está enfocada a dos tipos de almacenamiento de información diferentes, la visual que consta de recrear el posicionamiento de imágenes (memoria visual inmediata) ó sonidos (memoria auditiva inmediata), entre otros. En el caso visual, por ejemplo, en la pantalla se muestran unas imágenes con un orden específico luego pasarán a estar en otro lado de la pantalla las imágenes y el participante debe de re acomodarlas en su posición original. Para lograr desarrollar estas mecánicas se utilizaron herramientas como el *multitouch* o arrastrado de *sprites* (figuras) en determinadas ubicaciones, con lo cual se generan en reportes de ubicación correcta de la imagen. En cuanto la parte auditiva tiene una forma muy similar de análisis aunque con unas mecánicas distintas, en las que el evaluador presente está involucrado para verificar la respuesta del participante. El evaluador interviene en la aplicación para indicar si la respuesta es correcta o no. En la figura 3 (c), se observa

FUNCION	CANAL	TIPO	TAREA
1. ATENCION	1.1 VISUAL	1.1.1 Sostenida	Dibujos con espacios
			Dibujos en cuadrícula
			Dibujos sin cuadrícula
		1.1.2 Selectiva	Parejas en el mar
			Secuencias
			Formar palabras
	1.2 AUDITIVA	1.2.1 Sostenida	Campanazos
			Canción
			Historia
		1.2.2 Selectiva	Campanazo con fondo
			Canción con ruidos
			Historia con niño llorando
2. MEMORIA	2.1 AUDITIVA	2.1.1 Inmediata	La Lista
		2.1.2 Recobro	Recuérdala
	2.2 VISUAL	2.2.1 Inmediata	Triqui
			Concéntrate
			Vamos A Cine
		2.2.2 Recobro	Geométrico
3. LENGUAJE	3.1 COMPRESION	3.1.1 Seguimiento de instrucciones	En La Clase
			En el cine
		3.1.2 Textos	La familia amorosa
			El mundo mágico de Otto
	3.2 EXPRESIVO	3.2.1 Denominación	Opción 1
			Opción 2
		3.2.2 Lectura	Opción A
			Opción B
		3.2.3 Escritura	Opción 1
			Opción 2
4. HABILIDADES VISOCOSTRUCCIONALES	4.1 VISUALES	4.1.1 PRAXICO	Armando Figuras
			Armando Con Cubos Sencillos
			Armando Con Cubos 3D
			Rompecabezas
		4.1.2 ESPACIAL	Buscando el camino
			Yengui
5. FUNCIONES EJECUTIVAS	5.1 CONTROL INHIBITORIO	5.2.1 Visoespacial	Lluvia de fichas
	5.2 MEMORIA DE TRABAJO		Osos traviesos
	5.3 FLEXIBILIDAD COGNITIVA		Apagabotones
			Topos traviesos
			Parqués al revés
			Agrupar flechas
			Bolita traviesa

Figura 2. Estructura completa de actividades de la aplicación móvil de tamizaje neuropsicológico.

uno de los juegos de memorizar la posición de figuras y arrastrar (memoria visual inmediata).

Lenguaje Esta función consta de ejercicios sencillos donde el participante debe de escribir o decir claramente qué objeto se le está presentando en la actividad. El evaluador puede hacer la calificación correspondiente. Por ejemplo en un juego el niño debe decir el nombre del objeto que ve en las imágenes, y luego el evaluador tocara un botón ubicado en el mismo juego sin retroalimentar al niño. En la figura 4 se observa que la interfaz es sencilla y sin distracciones. En la figura (a), el niño debe decir la palabra “conejo”, y los botones inferiores son para el evaluador, cuidando que los botones no indiquen al niño si su respuesta



Figura 3. Ejemplo de actividades de las dimensiones **Atención** y **Memoria**.

fue correcta o no. En la figura (b), se incluye una casilla azul donde el niño debe escribir el nombre de la figura, en este caso “lámpara”.

Habilidades visoconstruccionales Para esta función, se busca evaluar la solución de problemas visuales y construcción de formas o reconstrucción de las mismas. Consta de una serie de actividades con una estructura inicial, la cual el participante debe recrear de la mejor forma posible. Por ejemplo, en la figura 4 (c), se presentan unos cubos en una determinada posición en la parte superior de la pantalla y los mismos cubos en la parte inferior de la pantalla de manera desordenada. El participante debe tomar los cubos de la parte inferior y recrear la imagen superior de forma más parecida posible, arrastrando las figuras. En la figura (d) se muestra otra variante, correspondiente a la función habilidades visopconstruccionales visuales prácticas.

Funciones Ejecutivas En las Funciones Ejecutivas implementan ejercicios que presentan una constante y rápida participación del participante frente a los juegos, se busca identificar su reacción cognitiva frente a actividades más complejas. Por ejemplo, en el primer juego se le presenta una imagen principal en la parte superior de la pantalla y en la parte inferior un control con dos opciones. El participante debe observar la imagen de la parte superior y decidir por cuál de las dos opciones seleccionar, además se presentan imágenes que no corresponden a las respuestas del control, como distracciones. Otras actividades representan mecanismos con interruptores, que requieren de un funcionamiento específico que el participante debe replicar o discernir.

3.2. Arquitectura de la Aplicación

Los elementos de arquitectura de software de la aplicación son básicamente tres: un sistema de interfaces de usuario, controladores basados en máquinas de estados finitos para manejo de eventos, y una base de datos local.

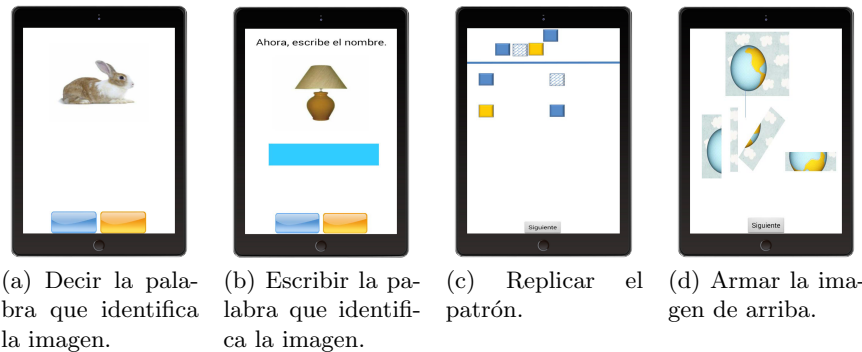


Figura 4. Ejemplo de actividades de las funciones **Lenguaje** y **Visoconstrucción**.

Interfaz de usuario Dada la variedad de interacciones explicadas en el apartado anterior: multitouch, arrastrado de figuras, dibujar y escribir en pantalla, uso de audios, animaciones, y otros, la interfaz de usuario está ensamblada como un conjunto de los siguientes elementos:

- Canvas para posicionamiento dinámico de elementos gráficos.
- Contenedores de elementos visuales (Sprites) para elementos gráficos dinámicos.
- Elementos de dibujado de pixels para canvas.
- Contenedores de audio.
- librerías de elementos básicos de interfaz de usuario (botones, casillas de texto, seleccionadores de opciones, etc.)

Máquinas de estados App Inventor es una herramienta de programación basada casi exclusivamente en el manejo de eventos, de modo que la estructura lógica de programación es, en rigor, una máquina de estados finitos que unen elementos secuenciales y asíncronos para la creación de mecánicas de interacción, que utilizan elementos temporizadores y manejo de sensores del dispositivo móvil.

Base de Datos La aplicación consta de una base de datos transversal para todas las actividades, de modo que toda la gran cantidad de datos recolectada va quedando ordenada por categorías, funciones y actividades a lo largo de las 54 tareas, y es manipulable a discreción para la generación de reportes finales para los especialistas.

4. Resultados y Validación de la Aplicación

El proceso de validación de la aplicación tiene 3 etapas: validación local cualitativa, validación formal cualitativa, y validación cuantitativa final.

Validación Local Cualitativa Realizado por 3 especialistas en Neuropsicología, autores de este trabajo y quienes han diseñado las mecánicas de interacción, pertenecientes al programa de psicología de la Universidad de San Buenaventura, Sede Bogotá, han realizado un análisis cualitativo de la aplicación, frente a pruebas tradicionales del tamizaje neuropsicológico, encontrando que cumple con las condiciones requeridas, y es apta para aplicar los siguientes tipos de validación.

Validación Formal Cualitativa A ser realizada por 9 especialistas no relacionados con este trabajo, que realizarán una validación cualitativa formal, con instrumentos de evaluación estándar, como encuestas estructuradas de aplicación en psicología. Esta validación se realizará en los meses de Agosto y Septiembre de 2018.

Validación Formal Cuantitativa A ser realizada con una población piloto en colegios seleccionados y niños de entre 5 y 7 años de edad, que permitirá realizar comparación empírica entre el uso de la aplicación móvil, frente al uso de instrumentos de tamizaje tradicionales (lápiz y papel). Esta validación se realizará durante el año 2019 en la ciudad de Bogotá, Colombia.

5. Conclusiones y Trabajo Futuro

Se han logrado los objetivos iniciales de crear una herramienta no tradicional para tamizaje neuropsicológico, basada en una aplicación móvil interactiva, de 54 actividades y registro de datos automáticos para análisis de habilidades cognitivas. El proceso inicial de validación cualitativa ha sido exitoso. El siguiente paso a seguir, son las validaciones cualitativas y cuantitativas descritas en el apartado 4, que permitirán formalizar la aplicación como instrumento de tamizaje neuropsicológico confiable y estable.

Desde el punto de vista de desarrollo de software, se tiene planteado el desarrollo de la aplicación móvil utilizando herramientas profesionales de desarrollo nativo, como Android Studio. Sin embargo, se ha podido comprobar que es viable un método de desarrollo, utilizando herramientas de programación básica como App Inventor 2, que permiten en desarrollo de aplicaciones masivas de forma distribuida, por un equipo de estudiantes de formación básica en programación, tomando en cuenta que el proceso de integración final requiere de conocimientos avanzados.

Referencias

1. Albuja, S.: Elaboración de una batería de evaluación neuropsicológica infantil breve. Informe Final del Trabajo de Postgrado. Tech. rep., Universidad Central del Ecuador, Quito (2013)

2. Cuervo Martinez, A., Avila Matamoros, A.M.: Neuropsicología infantil del desarrollo: Detección e intervención de trastornos en la infancia. *Revista Iberoamericana de Psicología: Ciencia y Tecnología*, ISSN-e 2027-1786, Vol. 3, N°. 2, 2010 (Ejemplar dedicado a: *Revista Iberoamericana de Psicología: Ciencia y Tecnología*), págs. 59-68 (2010)
3. Feeney, K., Abelson, H.: AI2 Project Merger Tool: combine two App Inventor projects into one (2012), <http://appinventor.mit.edu/explore/resources/ai2-project-merger.html>
4. Rosselli, M.: Maduración cerebral y desarrollo cognoscitivo. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud* (2002). <https://doi.org/10.7818/ECOS.2014.23-2.11>
5. Roy, K.: App inventor for android. In: *Proceedings of the 43rd ACM technical symposium on Computer Science Education - SIGCSE '12* (2012). <https://doi.org/10.1145/2157136.2157222>
6. Schwaber, K.: SCRUM Development Process. In: *Business Object Design and Implementation*, pp. 117–134 (1997). https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0947-1_11, http://link.springer.com/10.1007/978-1-4471-0947-1_11
7. Technology, M.I.o.: About Us — Explore MIT App Inventor (2014)
8. Tiplady, B.: Mobile Neuropsychological Assessment: Validation of a Test Battery Administered on an Android Tablet (5 2011)
9. Wolber, D., Abelson, H., Friedman, M.: Democratizing Computing with APP Inventor. *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review* (2015). <https://doi.org/10.1145/2721914.2721935>
10. Zamo, R.d.S., Salles, J.F.d.: Neuropsychological profile in the Neupsilin-Inf of children with reading disabilities. *Perfil Neuropsicológico no Neupsilin-Inf de Crianças com Dificuldades de Leitura*. (2013)