

User-Centered Mobile Application for People with Down Syndrome to Understand Basic Math Concepts

Aplicación Móvil Centrada en el Usuario para que las Personas con Síndrome de Down Comprendan Conceptos Matemáticos Básicos

Solís Ramírez, J.A.<sup>1</sup>, Rojano Cáceres, J.R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Maestría en Sistemas Interactivos Centrados en el Usuario, Universidad Veracruzana  
Xalapa 91020, Veracruz, México.  
zS22000733@estudiantes.uv.mx  
rojano@uv.mx

Fecha de recepción: 17 de abril de 2024

Fecha de aceptación: 31 de julio de 2024

**Resumen.** En este trabajo de investigación presentamos el proceso de creación de una aplicación móvil que pueda ayudar a las personas con síndrome de Down según sus necesidades y preferencias. Para ello, aplicamos el Diseño Centrado en el Usuario, ya que privilegia el papel de los usuarios en el diseño. Como resultado conseguimos una iteración completa empezando por conocer los gustos, preferencias y capacidades del usuario a través de la observación; para después diseñar un prototipo en papel, y por último desarrollar y evaluar el prototipo funcional. Como principales resultados, pudimos comprobar que en el sentido tecnológico, las personas con SD pueden interactuar fácilmente con las aplicaciones cuando utilizan dispositivos móviles. Por otro lado, encontramos factores que influyen negativamente cuando los usuarios con SD interactúan con una app. Dichos factores son: limitaciones de movilidad de algunos usuarios que complican la navegación en la pantalla táctil, problemas de visión que hacen que los elementos de la interfaz no se identifiquen claramente y, problemas de lectoescritura que hacen que las instrucciones no se entiendan de forma clara y concisa.

**Palabras Clave:** Síndrome de Down, Matemáticas, Aplicación móvil, Cuisenaire, Diseño Centrado en el Usuario.

**Summary.** In this research paper we present the process for creating a mobile app which can support people living with Down Syndrome according to their needs and preferences. For that purpose, we apply User-Centered Design because of it privileges the role of users in the design. As result we achieve a full iteration starting from knowing the user's tastes, preferences and abilities through observation; for later design a paper prototype, and lastly develop and evaluate the functional prototype. As main results, we could realize that in the technological sense, people living with DS can easily interact with applications when using mobile devices. On the other hand, we found factors that influence negatively when users with DS interact with an app. Such factors are: mobility limitations of some users that complicates navigation on the touch screen, problems of vision that cause the elements of the interface to not be clearly identified and, literacy problems that cause the instructions to be misunderstood in a clear and concise way.

**Keywords:** Down Syndrome, Mathematics, Mobile Application, Cuisenaire, User-Centered Design.

## 1 Introducción

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) están cada vez más presentes en nuestro día a día y su impacto se refleja en diferentes ámbitos de nuestra vida [8].

Uno de estos ámbitos está relacionado con la educación, ya que las posibilidades de integración en ésta son cada vez más amplias. Así, el aprendizaje de las matemáticas es un ejemplo dentro de la educación en el que las TIC pueden aportar beneficios como consecuencia de la aplicación de herramientas para la enseñanza a personas con y sin discapacidad [13].

En particular, para este trabajo nos centramos en el ámbito del Síndrome de Down (SD) y sus implicaciones en los procesos educativos de las personas que conviven con esta discapacidad. Este síndrome está causado por una alteración genética producida por la presencia de un cromosoma extra del par 23 [5]; como consecuencia las personas con SD presentan dificultades cognitivas y sensoriales que generan una serie de obstáculos en los procesos de aprendizaje, donde las matemáticas no son la excepción. Así, dichos problemas suponen dificultades en la adquisición de conceptos y habilidades fundamentales como contar o comprender cantidades, las cuales son consideradas como pilares básicos que dan pie a la comprensión de conceptos más complejos que permiten a la persona tener un mejor desempeño y desarrollo social, ya que esta disciplina está presente en muchas actividades cotidianas como: contar dinero, llevar estadísticas, calcular distancias, etc. Así, para acercar a las personas con SD a esta disciplina, es necesario diseñar condiciones y situaciones de aprendizaje que estén orientadas considerando sus necesidades y su aplicación en la vida cotidiana.

Basándose en el punto anterior, investigaciones como [12] proponen el uso de materiales manipulativos que pueden encontrarse en el entorno del alumno para enseñar matemáticas. Estos materiales se clasifican en dos tipos: los concretos estructurados y los no estructurados [12]. En este trabajo nos apoyamos en los elementos estructurados mediante el uso de materiales de diferentes colores y longitudes conocidos como Reglas de Cuisenaire, cuyas bondades han sido expuestas por el trabajo anteriormente citado, de tal forma que los alumnos sordos son capaces de comprender conceptos matemáticos utilizando estos objetos.

Entonces, considerando los beneficios de los materiales concretos decidimos retomar dicha experiencia con alumnos con Síndrome de Down a través del diseño de una propuesta tecnológica implementada en una app. Sin embargo, con el fin de cumplir con el objetivo educativo y buscando la satisfacción de las personas que utilizan la aplicación, decidimos explorar en primer lugar cómo diseñar dicha propuesta tomando como base las diferentes características que están presentes en esta comunidad. En este sentido seguimos una metodología con la filosofía del Diseño Centrado en el Usuario, donde se tienen en cuenta las necesidades de los miembros de este colectivo para dotar a las diferentes herramientas de las condiciones necesarias para que su uso sea autónomo, seguro y proporcione una buena experiencia de usuario [9]. Así, la aplicación que se presenta en este trabajo está diseñada para que las personas con matemáticas practiquen conceptos matemáticos a través de la interacción con regletas de Cuisenaire, lecciones, ejercicios agrupados por niveles de dificultad y otros elementos como sonidos, vibraciones e imágenes que despiertan la curiosidad de los usuarios para explorar los contenidos.

## 1.1 Problema

Gracias a la tecnología es posible superar algunos de los obstáculos presentes en la vida de las personas con SD, permitiendo la adaptación de la información que se les presenta teniendo en cuenta sus necesidades [13]. Sin embargo, la accesibilidad a los recursos tecnológicos sigue siendo uno de los múltiples procesos de exclusión a los que se enfrentan las personas con discapacidad, ya que el proceso de diseño de estas herramientas se aborda desde la concepción y perspectiva de los diseñadores [7] o de los usuarios que no tienen ningún tipo de discapacidad, por lo que, cuando estas tecnologías se aplican a las personas con SD, no suelen funcionar correctamente [10].

En este sentido, es importante prestar atención a los métodos de diseño existentes o, alternativamente, recopilar información que permita la creación de nuevos métodos de diseño que permitan que la interacción con la interfaz del dispositivo se realice sin ningún problema, favoreciendo la accesibilidad y una buena experiencia de usuario [10].

la interacción con la interfaz del dispositivo se realice sin ningún problema, favoreciendo la accesibilidad y una buena experiencia de usuario [10].

## 1.2 Objetivo y alcance

El objetivo principal de este artículo es reportar el proceso de desarrollo de una aplicación móvil para que personas con Síndrome de Down comprendan conceptos matemáticos básicos (conteo numérico), teniendo como soporte investigaciones previas, y utilizando la metodología de Diseño Centrado en el Usuario para identificar las necesidades y características de los usuarios finales.

Por último, informamos de los resultados de una observación realizada con personas con síndrome de Down, que probaron el primer prototipo funcional.

## 2 Estado del Arte

### 2.1 Síndrome de Down

Es una alteración genética producida por la presencia de un cromosoma extra [14] y es la condición más común asociada a la discapacidad intelectual [2].

Se identifican tres tipos de SD [4]:

1. Trisomía 21: cada célula del cuerpo tiene tres copias separadas del cromosoma 21 en lugar de las dos habituales.
2. Síndrome de Down por translocación: presencia de un cromosoma 21 entero adicional, ligado o translocado a un cromosoma diferente en lugar de estar en un cromosoma 21 separado.

- Síndrome de Down con mosaïcismo: algunas de las células tienen una copia del cromosoma 21 pero otras tienen las dos copias típicas del cromosoma 21.

Las características físicas más comunes son [14]:

- Aplanamiento facial.
- Puente nasal ancho.
- Microcefalia con diámetro anteroposterior reducido.
- Los ojos son almendrados, con manchas blancas y grises de Brushfield en la periferia del iris.
- Cuello corto.
- Piel lozana.
- Manos pequeñas y anchas.

## 2.2 Aprendizaje de las matemáticas en personas con síndrome de Down

Es bien sabido que, debido a los diferentes factores presentes en el SD, el aprendizaje se extenderá más allá del programa escolar obligatorio [5], sin embargo, las personas nacidas con SD son capaces de aprender conceptos de diferentes áreas que les permiten capacitarse para lograr una mayor integración social y laboral [3].

Según [3] los niños con SD presentan menos éxito en tareas numéricas que en lectoescritura, argumentando que son capaces de contar de memoria, pero sin comprensión conceptual, todo ello debido a los diferentes factores que afectan a la memoria cuyas principales consecuencias son: dificultades para generalizar conocimientos, retener instrucciones y lentitud para responder a la información transferida. Sin embargo, con las ayudas necesarias se ha demostrado que los niños con SD son capaces de mejorar en sus tareas numéricas utilizando principios de conteo para resolver tareas de cardinalidad [3].

En cuanto a los métodos que deben utilizarse en la enseñanza de las matemáticas en personas con SD, ésta debe equipararse a los contenidos curriculares ordinarios, ya que así se favorece el progreso del alumno en paralelo al de sus compañeros, fomentando su seguridad, autoestima, protección y autonomía [3]. En general, estos métodos deben programar actividades que impliquen la manipulación de materiales cotidianos concretos, juegos y tecnología.

**Enseñanza de matemáticas a través de elementos concretos.** Se ha demostrado que el uso de materiales concretos es un elemento clave para la enseñanza de las matemáticas, ya que están presentes en la vida cotidiana [12]. En este sentido, existen dos tipos de materiales concretos, los no estructurados y los estructurados:

- Los materiales concretos no estructurados son objetos que están al alcance de la mano como: monedas, dados, fichas, palos de madera, etc.
- Los materiales concretos estructurados incluyen: Cubos Montessori, Base 10 o regletas de Cuisenaire. Para este trabajo nos centramos en el último.

**Las regletas Cuisenaire.** Se trata de un material manipulativo creado por el profesor belga Georges Cuisenaire en 1952 (Fig. 1). Son una serie de 10 reglas de diferente color y longitud, utilizadas principalmente en la enseñanza de las matemáticas [11]. Gracias a este material el niño es capaz de comprender los conceptos de número, composición y descomposición, bases del sistema decimal, operaciones aritméticas, bases del cálculo, medida, entre otros [12].

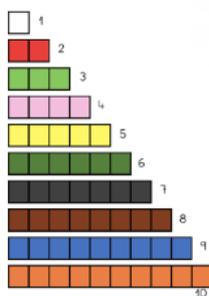


Figura 1. Representación de las regletas de Cuisenaire

### 2.3 Las TIC como apoyo en la enseñanza de las matemáticas en personas con Síndrome de Down

La tecnología ha tenido grandes avances en las últimas décadas y esto es algo positivo para las personas con SD ya que gracias a ella pueden acceder a diferentes tipos de información y comunicación, fomentando su inclusión y participación en la sociedad [18]. Diferentes investigaciones han demostrado cómo estas tecnologías son indispensables, promueven la inclusión e impulsan diferentes áreas de desarrollo como las matemáticas o el desarrollo social [18].

Gracias a la tecnología, surgen nuevas formas de enseñar y aprender que permiten a los alumnos ponerse a prueba en simulaciones, explorar o comunicarse mediante actividades acordes con sus necesidades y capacidades. Asimismo, el uso de smartphones y diversos dispositivos móviles tiene el potencial de mejorar la calidad de vida de las personas con SD y otras discapacidades, aumentando su interés por el aprendizaje a través de actividades divertidas y personalizadas [19].

En ese sentido, se han diseñado varias propuestas para apoyar a las personas con SD en la adquisición de habilidades matemáticas, entre las que destacan las siguientes:

**SynMax [18]:** es una aplicación informática que enseña habilidades numéricas básicas. Diseñada teniendo en cuenta diferentes teorías de aprendizaje, pretende ayudar a los niños a identificar los números del uno al diez, para ello incorpora los siguientes módulos:

- Identificación de números.
- Relación entre números.
- Contar

**MathDS [20]:** es una aplicación móvil para que los niños con dificultades de aprendizaje, en concreto los que viven con SD, aprendan los números del uno al diez. El contenido se estructura de la siguiente manera:

- Aprendizaje: imágenes de manos en las que cada dedo representa un número.
- Actividades: tres actividades en las que los niños tienen que asociar el número con su referente.

En relación con el uso de materiales concretos como las regletas Cuisenaire, se han planteado las siguientes propuestas:

**CETA [17]:** sistema de realidad aumentada que utiliza una tableta y bloques de madera que representan la longitud de cada número y con los que se pueden realizar operaciones en un espacio de trabajo que se procesa mediante técnicas de visión por computador.

En [15]: se propone una aplicación que utiliza las regletas de Cuisenaire para ayudar a los niños de preescolar a familiarizarse con los números, a través de actividades de libre creación.

### 2.4 Diseño Centrado en el Usuario

El diseño centrado en el usuario o DCU es una filosofía en la que se sitúa al usuario en el centro de todo el proceso de desarrollo de productos y aplicaciones. Aunque la aplicación de esta metodología es aplicable al desarrollo de todo tipo de productos, es en las soluciones tecnológicas donde cobra mayor importancia [6].

Orígenes del DCU. Donald Norman fue el primero en acuñar este término en su laboratorio de investigación. Posteriormente, se hizo más conocido con la publicación del libro *User Centered System Design: new perspectives on human-computer interaction* y ganó aún más popularidad con la publicación de *The Design of Everyday Things*.

**Etapas del DCU.** Las etapas del DCU son clave para tener en cuenta a las personas que utilizarán los productos y ayudan a planificar qué hacer en cada momento [6]. En la Fig. 2 se muestran las diferentes etapas del proceso, donde como se puede observar no sólo son iterativas, sino que tampoco son secuenciales.

1. Comprender el contexto de uso: En esta fase se identifica al usuario, sus necesidades y las condiciones en las que se utilizará el producto.
2. Especificar los requisitos del usuario: Tras reunirse con los usuarios y determinar un conjunto de soluciones, se investigan las técnicamente viables.
3. Diseñar soluciones: Esta fase va desde la creación de un concepto aproximado hasta el diseño completo. A medida que avanza el diseño, surgen numerosas ideas que pueden ponerse a prueba.
4. Evaluar: La solución se muestra a los usuarios, lo que conducirá a una solución más óptima.

La iteración es una de las cuestiones clave del DCU, ya que cada una de sus fases no tiene por qué considerarse estanca y sucesiva [6].

### 3 Metodología usada

#### 3.1 Definición de Intenciones y alcance del proyecto

Para implementar la solución, optamos por seguir la metodología de diseño centrado en el usuario, ya que se basa en la filosofía de que, para garantizar el éxito de un producto, el usuario debe estar presente en todas las fases del proceso de diseño (Figura. 2). [6].

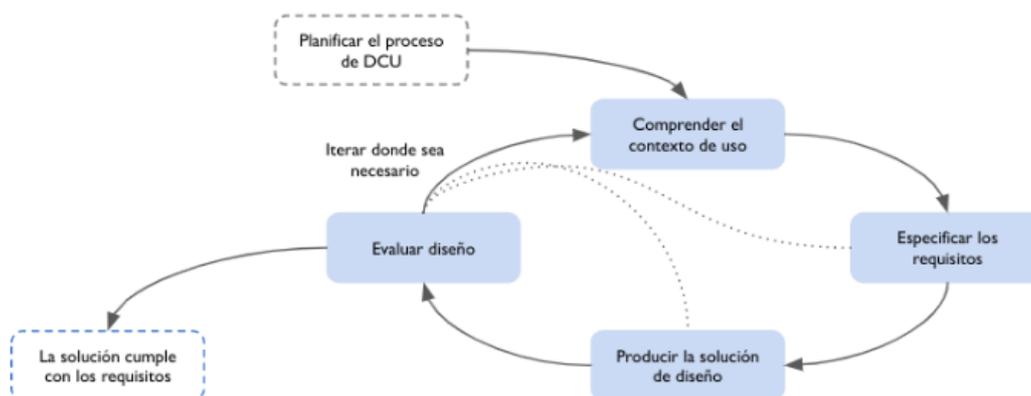


Figura 2. Proceso de Diseño Centrado en el Usuario.

Por ello, es fundamental tener en cuenta las características, necesidades e intereses de las personas con síndrome de Down, para que el producto final les resulte gratificante.

En los siguientes apartados se muestra con más detalle cómo se llevó a cabo cada una de las etapas descritas anteriormente.

#### 3.2 Comprender el contexto de uso

**Primer acercamiento a los usuarios.** En primer lugar, contactamos con un colegio local especializado en personas con SD. Tras el contacto inicial, se presentó al Instituto Down de Xalapa los objetivos de la investigación. Posteriormente, se planeó una primera sesión con los alumnos a través de un ejercicio que consistió en dibujar las actividades más comunes que cada uno de ellos suele realizar con su celular (ver Figura 3). Esta actividad nos permitió conocer las características y personalidad de cada alumno, así como el entorno en el que se desenvuelve y cómo se lleva a cabo el proceso de interacción con compañeros y profesores.

Además, la actividad tenía como propósito explorar qué tanto conocimiento y habilidades tenían los alumnos con respecto al uso del celular, como resultado, nos dimos cuenta que el manejo del dispositivo no era un problema para ellos. Los alumnos podían navegar por diferentes aplicaciones.



**Figura 3.** Actividad con usuarios

### 3.3 Especificar los requisitos

En esta etapa, para tener mayor claridad sobre los requisitos, se realizó una reunión con los maestros del Instituto Down de Xalapa, quienes compartieron sus experiencias con los alumnos.

### 3.4 Solución de diseño

**Prototipo en papel.** Antes de comenzar la implementación, se realizó un prototipo en papel utilizando la técnica de Wizard of Oz, que permite explorar las diferentes interacciones a través de la interfaz diseñada y ayuda a evaluar el diseño de acuerdo a los requerimientos del usuario antes de invertir una cantidad considerable de tiempo en el desarrollo de un prototipo funcional y completo [16].

El prototipo de este trabajo se estructura de la siguiente manera y el resultado se puede ver en la Figura 4.

**Estructura del contenido.** El contenido del prototipo se divide en cuatro partes: módulos, lecciones, detalles y actividad, cada una de las cuales se describe a continuación.

1. Módulos: ordenados por prioridad, comenzando por la presentación de las unidades básicas, posteriormente se presentan las decenas.
2. Lecciones y ejercicios: una vez dentro de un módulo, se muestran dos secciones, la primera con las lecciones que el alumno tiene que repasar y la segunda con los ejercicios relacionados con los contenidos vistos en cada lección.
3. Detalles de la lección: para presentar los números, mostramos a) su grafía, b) un referente, en este caso la representación con los dedos de la mano, c) la representación con la escala de Cuisenaire y un conjunto de elementos sensoriales como la pronunciación de ese número y la vibración.
4. Detalles del ejercicio: el primer ejercicio está relacionado con la primera lección y el objetivo es que el alumno identifique los números que se le presentan, para lo cual se muestran opciones que incluyen una regla, la grafía o el referente, de manera que el alumno debe elegir la opción correspondiente al número indicado en la instrucción. Adicionalmente, se incluyen como pista los elementos sensoriales anteriormente descritos y la interfaz muestra un mensaje de retroalimentación en función de la respuesta seleccionada.



Figura 4. Prototipo a papel.

Este prototipo se presentó a un especialista en educación especial, cuyos comentarios sirvieron para validar los contenidos y su estructura, pero también ayudaron a perfeccionar los siguientes puntos:

- Iconografía: la recomendación fue utilizar elementos pictográficos, por lo que se tomaron como base los publicados por ARASAAC.
- Instrucciones: hacerlas más específicas y de tamaño medio para una correcta visualización.
- Contenido:
  - Incluir la opción de que las varillas Cuisenaire sean graduadas o no.
  - Permitir al usuario configurar los contenidos.
  - Añadir reacciones más representativas a la hora de evaluar la respuesta a un ejercicio.

**Aplicación móvil - Prototipo.** Como primer paso, se diseñó un prototipo de alta fidelidad utilizando la herramienta Figma. Posteriormente se implementó una primera versión de la aplicación móvil, utilizando las siguientes tecnologías:

- Ionic: framework para el desarrollo de aplicaciones híbridas.
- Angular: framework para la creación de aplicaciones web y definición de la arquitectura de la aplicación.
- Tecnologías web: HTML 5, CSS3, Typescript.
- Capacitor: librería para la manipulación de elementos nativos en dispositivos móviles.
- Firebase: Plataforma de Google, utilizada para almacenar información relacionada con los usuarios y los contenidos de la aplicación.

En dicha versión, se optó por dos caminos; el primero, compilar de forma nativa para dispositivos con sistema operativo Android y el segundo, publicar como una aplicación web progresiva (PWA) a la que se puede acceder a través del navegador.

La implementación final se muestra en la Figura 5:

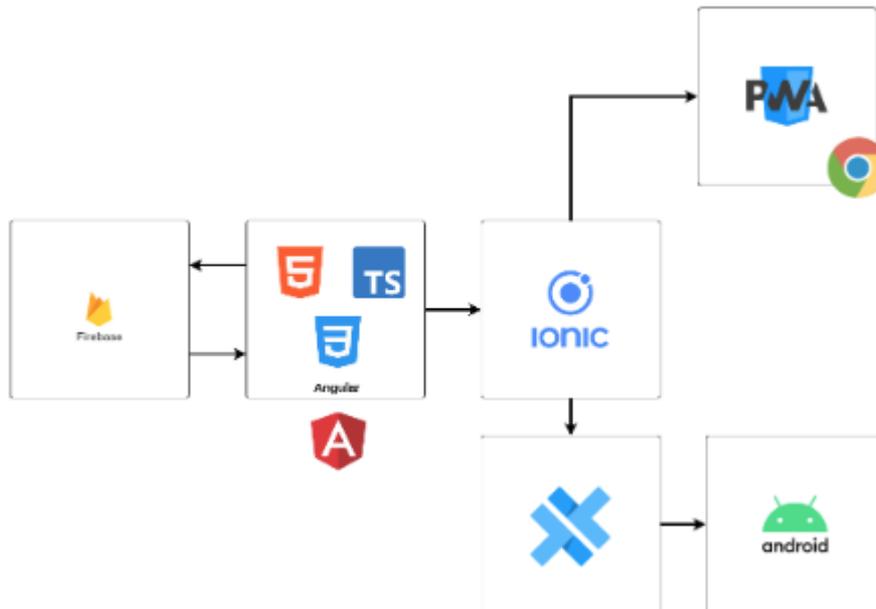


Figura 5. Arquitectura de implementación

Por otro lado, el resultado final de dicha implementación se muestra con detalle en la Figura 6:

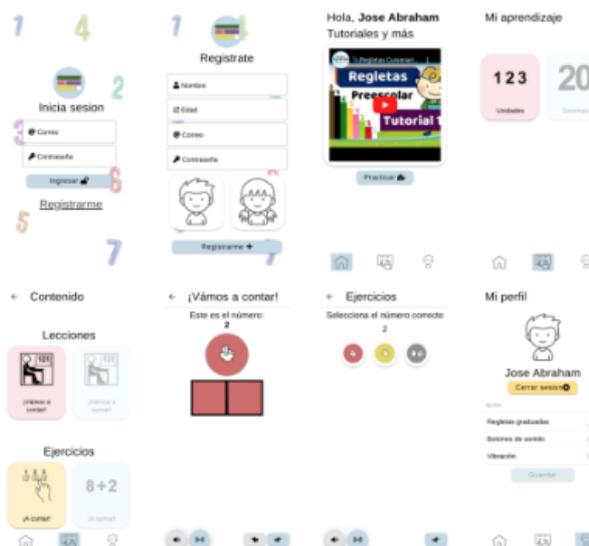


Figura 6. Aplicación móvil

Posteriormente, el siguiente paso consistió en evaluar el prototipo, dicho proceso se describe con detalle en la siguiente sección.

### 3.5 Evaluación del prototipo

Como parte del DCU, resulta muy importante seguir realizando pruebas con los usuarios para tener la oportunidad de escuchar sus necesidades y opiniones. En las siguientes secciones describimos el método, los resultados y la discusión de la aplicación de la evaluación del prototipo con personas que viven con SD.

**Método.** En esta etapa se eligió como población a estudiantes del Instituto Down de Xalapa; participaron un total de siete personas de entre 20 y 40 años de edad.

**Requisitos para la evaluación.** Como parte de la planeación se definió el siguiente conjunto de requisitos, el propósito principal fue contar con los elementos mínimos necesarios para llevar a cabo la actividad con los alumnos.

- Se solicitó a través del director de la preparatoria que los muchachos llevaran consigo sus teléfonos celulares.
- El dispositivo debía tener el sistema operativo Android y el navegador web Chrome.
- El instituto nos proporcionó un aula para la evaluación.
- Se colocó una base y una cámara para grabar la sesión.
- Hojas de papel y bolígrafo para tomar las notas necesarias.

Por último, solicitamos un consentimiento informado o asentimiento, en este caso el documento fue firmado por el director, ya que cuentan con un documento legal que ampara este tipo de actividades a favor de los alumnos.

**Tareas a evaluar.** En el campo de la IHC, la tarea se refiere al conjunto de acciones que debe realizar el usuario dentro de un sistema interactivo. Por lo tanto, representa el objetivo que se debe alcanzar utilizando la interfaz. Si bien es cierto que la evaluación de las tareas se realiza a través de aspectos como la eficiencia, la eficacia o la satisfacción, en este caso no se utilizaron otros instrumentos que la observación con evaluadores para definir el cumplimiento de las tareas. En este sentido, las tareas definidas fueron las que se muestran en el siguiente listado:

- El proceso de instalación de la aplicación,
- Registro del usuario,
- Proceso de evaluación dentro de la aplicación móvil,
- Disfrute de elementos gráficos como paleta de colores, tipografía,
- Estructura de la información,
- Elementos de retroalimentación como secciones de ayuda, sonido, vibraciones.

**Equipo de evaluación.** Por último, durante el proceso de evaluación se consideró tener dos roles (facilitador y observador), pero la institución nos recomendó tener la compañía de un profesor con el fin de actuar como traductor porque algunos de los estudiantes tienen dificultades para articular frases y el profesor sabe mejor lo que quieren decir. En ese sentido, el equipo evaluador pide al profesor que limite su participación para aclarar los comentarios pero que no interfiera en la interacción del alumno.

- Facilitador: encargado de dar instrucciones sobre la prueba a realizar y responder a las dudas que puedan surgir durante el proceso.
- Observador: toma de notas y registro.
- Auxiliar de comunicación: profesor o personal que conoce la forma de expresión de los alumnos con SD.

El proceso de evaluación tuvo una duración aproximada de 3 horas en las que se realizó la actividad de una en una (ver Figura 7).



**Figura 7.** Evaluación del prototipo.

### 3.6 Discusión de resultados

Un total de siete personas participaron en el proceso de evaluación. Como principales conclusiones, identificamos que la mayoría de los usuarios hablan de los colores que deben incluirse, también les gustaría ver videos y música. En el caso de los más avanzados les gustaría tener más ejercicios y actividades para trabajar.

Como parte del proceso de evaluación se definió un conjunto de parámetros a evaluar, entre los resultados obtenidos se puede destacar lo siguiente:

- Proceso de instalación de la aplicación: la mayoría de los alumnos evaluados fueron capaces de realizar la instalación. Sin embargo, este proceso debería modificarse para que sea menos complejo.
- Registro y autenticación: por lo que se pudo observar, este proceso debe cambiar en la forma en que se realiza. Una de las principales fallas fue ingresar una contraseña, por lo que es necesario implementar un mecanismo más simple de autenticación que no implique volver a obtener tanta información de la persona que se va a autenticar.
- Elementos gráficos (paleta de colores, tipografía y estructura de la información): aquí es donde se centraron la mayoría de las observaciones que se comentan a continuación:
  - Debido a los problemas de visión presentes en la mayoría de los usuarios, es necesario que los textos (instrucciones y otros) sean más grandes o sean leídos por un asistente de voz.
  - Otra de las observaciones más comunes tiene que ver con la interacción con las imágenes y tiras, todos los usuarios, al llegar a la sección de lecciones, tocaban cada elemento de la interfaz esperando que hiciera algo, sin embargo, al ver que no pasaba nada, continuaban con los demás elementos o perdían el interés y se iban.
  - Limitar la interacción a avanzar por la serie numérica de la primera lección con los botones atrás y siguiente provocaba que los usuarios se perdieran o desconocieran la funcionalidad de dichos botones, por lo tanto, es necesario implementar otra forma de navegar por la serie numérica.

Algunas de las observaciones enumeradas anteriormente ya han sido abordadas e implementadas para la próxima versión del prototipo funcional, en la Figura 8. se pueden ver los resultados parciales.



Figura 8. Aplicación con los cambios sugeridos en la primera evaluación.

## 4 Conclusiones y trabajo futuro

Como se muestra en este trabajo, se llevó a cabo una primera iteración del proceso de diseño centrado en el usuario. Gracias a ello, en un primer escenario fue posible conocer mejor a la población junto con sus características y necesidades.

En el sentido tecnológico, se pudo comprobar la facilidad con la que las personas con SD pueden utilizar los dispositivos móviles y las diferentes aplicaciones, lo cual es de vital importancia porque los integra a la sociedad para que puedan comunicarse y contribuir a su desarrollo, tal como lo menciona [13].

Por otro lado, en el proceso de evaluación se pudieron detectar diferentes factores que influyen en la incorporación de soluciones tecnológicas en el contexto educativo de las personas con SD, tales como: limitaciones en la motricidad de algunos usuarios que complican la navegación a través de la pantalla táctil, problemas de visión que hacen que no se identifiquen claramente los elementos de la interfaz y problemas de lectoescritura que hacen que no se comprendan las instrucciones de forma clara y concisa. Sin embargo, la sesión de evaluación evidenció la motivación y el interés del usuario por utilizar una herramienta tecnológica que se está construyendo en base a sus características y necesidades.

La participación de cada alumno del Instituto Down de Xalapa fue muy gratificante y gracias a ellos pudimos recabar la información necesaria para poder mejorar los contenidos y el proceso de interacción dentro de la aplicación.

### 4.1 Trabajo futuro

Finalmente, como siguiente fase, se va a iterar de nuevo en cada una de las etapas del DCU para abordar cada una de las observaciones obtenidas en el proceso de evaluación. Asimismo, se integrarán nuevos contenidos en la aplicación y, posteriormente, se llevarán a cabo más sesiones de evaluación con los usuarios, de forma que se pueda validar la propuesta y entregar un producto totalmente funcional y adaptado a sus necesidades.

## Referencias

1. Bruno Castañeda and M. Herrera, "Estudio de un alumno con síndrome de Down en la comprensión del sistema de numeración decimal," *Educación matemática en la infancia*, vol. 1, no. 2, pp. 5–22, Dec. 2021, doi: <https://doi.org/10.24197/edmain.2.2012.5-22>.
2. Bull, M. J. (2020). Down Syndrome. *New England Journal of Medicine*, 382(24), 2344–2352. <https://doi.org/10.1056/nejmra1706537>
3. Bruno and A. Noda, "Necesidades educativas especiales en matemáticas: el caso de personas con síndrome de Down - Funes - Universidad de los Andes," [Uniandes.edu.co](http://Uniandes.edu.co)
4. CDC, "Información sobre el síndrome de Down," Centers for Disease Control and Prevention, Dec. 28, 2016. <https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/birthdefects/downsyndrome.html>
5. Daniel, "Aspectos generales sobre el síndrome de Down," *Revista Internacional de Apoyo a la Inclusión, Logopedia, Sociedad y Multiculturalidad*, vol. 2, no. 1, pp. 33–38, 2016, doi: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6941140.pdf>.
6. Domingo. Muriel Garreta, Enric Mor Pera. "Diseño centrado en el usuario." *Universitat Oberta de Catalunya* (2010): 9-12.
7. V. Ferreira, M. A., Toboso Martín, M., Patricio Pedraza, F. (2017). Metodología para el análisis de la accesibilidad tecnológica de las personas con discapacidad: triangulación y elaboración de indicadores. *Cuadernos de Gobierno y Administración Pública*.
8. Flórez-Aristizábal, L., Cano, S., Collazos, C. A., Benavides, F., Moreira, F., Fardoun, H. M. (2019). Digital transformation to support literacy teaching to deaf Children: From storytelling to digital interactive storytelling. *Telematics and Informatics*.
9. Macarena Pazos González, M. Raposo-Rivas, and M. Esther Martínez-Figueira, "Las TIC en la educación de las personas con Síndrome de Down: un estudio bibliométrico," *Virtualidad, Educación y Ciencia*, vol. 6, no. 11, pp. 20–39, 2015, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/vesc/article/view/12767>
10. Herrera Villalón, M. A. (2016). Experiencia de usuario en personas con Síndrome de Down. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

11. E. Torres and C. C. Castro, “Las regletas de cuisenaire un recurso didáctico favorable en los procesos de inclusión - Funes - Universidad de los Andes,” Uniandes.edu.co, 2016, doi: <http://funes.uniandes.edu.co/10188/1/Torres2016Las.pdf>.
12. K. Contreras, "Propuesta metodológica para el desarrollo de habilidades matemáticas en alumnos Sordos bajo un enfoque constructivista en modalidad virtual", Universidad Popular Autónoma de Veracruz, 2020.
13. J. M. Ortega-Tudela and C. J. Gómez-Ariza, “Nuevas tecnologías y aprendizaje matemático en niños con síndrome de down: generalización para la autonomía,” Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, no. 29, pp. 59–72.
14. Pérez Chávez ,Diego Alberto, “Síndrome de Down,” Revista de Actualización Clínica Investiga, p. 2357, 2014.
15. R. L. Ignacio Sánchez, I. Duran Encinas, J. A. Zúñiga Arce and A. I. De Casso Verdugo, "Mobile Application Prototype: Cuisenaire rods a technological tool to support the learning-teaching process of mathematics in children," 2022 International Conference on Inclusive Technologies and Education (CONTIE), Cartago, Costa Rica, 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/CONTIE56301.2022.10004408.
16. S. Dow, B. MacIntyre, J. Lee, C. Oezbek, J. D. Bolter and M. Gandy, "Wizard of Oz support throughout an iterative design process," in IEEE Pervasive Computing, vol. 4, no. 4, pp. 18-26, Oct.-Dec. 2005, doi: 10.1109/MPRV.2005.93.
17. S. Marichal, A. Rosales, F. G. Perilli, A. C. Pires, E. Bakala, G. Sansone, and J. Blat, “CETA,” Proceedings of the 19th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, 2017.
18. Shafie, A., Wan Ahmad, W.F., Mohd., N., Barnachea, J.J., Taha, M.F., Yusuff, R.L. (2013). “SynMax”: A Mathematics Application Tool for Down Syndrome Children. In: Zaman, H.B., Robinson, P., Olivier, P., Shih, T.K., Velastin, S. (eds) Advances in Visual Informatics. IVIC 2013. Lecture Notes in Computer Science, vol 8237
19. Josué Villasante, Stefanny Poma, Juan Gutierrez-Cardenas, and Nadia Rodriguez-Rodriguez. 2020. Information and Communication Technologies Based Teaching Methodologies for Peruvian Children with Down Syndrome. In Proceedings of the 11th International Conference on Education Technology and Computers (ICETC '19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 12–17. <https://doi.org/10.1145/3369255.3369270>
20. W. F. W. Ahmad, H. N. B. I. Muddin and A. Shafie, "Number skills mobile application for down syndrome children," 2014 International Conference on Computer and Information Sciences (ICCOINS), Kuala Lumpur, Malaysia, 2014, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICCOINS.2014.6868844.