



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Diseño de la metodología de evaluación de la usabilidad de un panel electrónico para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORES: Bermeo Ruilova, Alexis Medardo.

Peña Cueva, Andy René.

DIRECTOR: Jaramillo Pacheco, Jorge Luis, Ing.

LOJA-ECUADOR

2016



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Septiembre, 2016

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ingeniero.

Jorge Luis Jaramillo Pacheco

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: "Diseño de la metodología de evaluación de la usabilidad de un panel electrónico para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales" realizado por Bermeo Ruilova Alexis Medardo y Peña Cueva Andy René, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Marzo de 2016

f).....

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Nosotros, Bermeo Ruilova Alexis Medardo y Peña Cueva Andy René, declaramos ser autores del presente trabajo de Titulación: “Diseño de la metodología de evaluación de la usabilidad de un panel electrónico para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales”, de la Titulación de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, siendo el Ing. Jorge Luis Jaramillo Pacheco, director del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaramos conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f).....

Autor: Bermeo Ruilova Alexis Medardo

Cédula: 1105147613

f).....

Autor: Peña Cueva Andy René

Cédula: 1104112683

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido culminar con éxito este trabajo, a mi familia por ser el pilar fundamental en mi vida, mis padres Klever y Angélica que con su apoyo fundamental en mi educación tanto académica como de la vida y su cariño me han permitido ser quien soy, a mi querida hermana Johanna y a mi primo Daniel, con los cuales he compartido mi vida, y siempre he contado con ellos, a mi tía Norma y mi abuelito Arnulfo por sus sabios consejos, cariño y el apoyo incondicional que me han ofrecido, a mis amigos quienes me han brindado su amistad sincera , además también dedico este trabajo a mi abuelita Teresa que aunque físicamente ya no está entre nosotros, sé que seguirá guiando mi camino desde el cielo.

Alexis Medardo.

Este trabajo refleja esfuerzo y dedicación que al ser culminado con éxito se lo dedico a Dios por permitirme alcanzar este logro y acompañarme durante toda mi vida, a mis padres Victor y Azucena, quienes han sido mi principal fuente de apoyo y cariño, a mis hermanos Victor, Bryan y David, con quienes he vivido memorables y gratos momentos, a mis amigos quienes me han brindado su sincera amistad, dedico también este trabajo a mi abuelita Bertha y a mi tía Mercy, quienes desde el cielo siguen iluminando mi camino.

Andy René

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por permitirnos alcanzar esta etapa en nuestras vidas y brindarnos la sabiduría para poder cumplir nuestros objetivos. A nuestros padres por ser los pilares fundamentales de nuestras vidas, quienes han sabido guiarnos por el camino del bien y ser nuestro apoyo incondicional.

Agradecemos de manera muy especial al Ing. Jorge Luis Jaramillo, por guiarnos en nuestra formación profesional, además de brindarnos su apoyo, su interés y dedicación.

También queremos agradecer a cada uno de los docentes de la titulación, por compartirnos su conocimiento y experiencias, que nos permitieron alcanzar nuestra formación profesional. A nuestros compañeros quienes se convirtieron en grandes amigos, por su apoyo y por la amistad que nos brindaron, gracias.

Alexis Medardo y Andy René.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUDITORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABLAS.....	x
RESÚMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I.....	4
1. GENERALIDADES SOBRE EL ESTADO DEL PANEL ORIGINAL Y SOBRE EL DISEÑO Y CONCEPTUALIZACIÓN DEL NUEVO PROTOTIPO.....	4
1.1. Sobre el primer prototipo y su posterior optimización.....	5
1.2. Requerimientos generales para el diseño del nuevo panel.....	10
1.3. Diseño a detalle de las fichas a utilizar en el panel.....	14
1.4. Programación de la ingeniería de detalle del panel.....	15
CAPITULO 2.....	16
2. DISEÑO DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD DEL PROTOTIPO.....	16
2.1. Generalidades sobre el uso de juguetes en la enseñanza.....	17
2.2. Sobre la evaluación de la usabilidad del prototipo.....	17
CAPITULO 3.....	20
3. HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD DEL PROTOTIPO.....	20
3.1. Sobre la selección de las herramientas a utilizar.....	21
3.2. Herramientas para la medición de la usabilidad en el nivel de diseño.....	22
3.3. Herramientas para la medición de la usabilidad en el nivel de operatividad...25	
3.4. Herramientas para la medición de la usabilidad en el nivel de satisfacción...28	

CONCLUSIONES.....	29
BIBLIOGRAFIA.....	30
ANEXOS.....	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. 1 Versión original del panel electrónico implementado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales.	5
Figura 1. 2 Primera opción de optimización del panel electrónico implementado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales.....	6
Figura 1. 3 Segunda opción de optimización del panel electrónico implementado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales.....	6
Figura 1. 4 Tercera opción de optimización del panel electrónico implementado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales.....	7
Figura 1. 5 Cuarta opción de optimización del panel electrónico implementado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales.	8
Figura 1. 6 Quinta opción de optimización del panel electrónico implementado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales.	8
Figura 1. 7 Sexta opción de optimización del panel electrónico implementado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales.	9
Figura 1. 8 Tablero del panel electrónico optimizado.....	10
Figura 1. 9 Vista superior y lateral izquierda del tablero.....	11
Figura 1.10 Vista general de una ficha del tablero.....	11
Figura 1. 11 Vista lateral derecha de una pieza LEGO 4x2.....	11
Figura 1. 12 Vista inferior de una pieza de LEGO 4 x2.....	11
Figura 1. 13 Vista lateral izquierda de una pieza de LEGO 4 x 2.....	15

Figura 1. 14 Vista general del tablero y de las fichas.....	15
Figura 1. 15 Vista de planta de ficha seleccionada.....	14
Figura 3.1 Proceso a seguir para la evaluación del prototipo.....	23
Figura 3.2 Lista de cortejo para evaluar la eficiencia del prototipo.....	24
Figura 3.3 Escala da rango para evaluar la tasa de error en el uso del prototipo.....	25
Figura 3.4 Lista de cortejo para evaluar el recuerdo en el tiempo del prototipo.....	26
Figura 3.5 Checklist para evaluar la funcionalidad del prototipo.....	27
Figura 3.6 Checklist para evaluar la adaptabilidad del prototipo.....	28
Figura 3.7 Checklist para evaluar la utilidad del prototipo.....	29
Figura 3.8 Escala de rango para evaluar la facilidad de aprendizaje del prototipo.....	29
Figura 3.9 Escala de Likert para la evaluación de la interactividad del prototipo.....	30

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Análisis comparativo de las opciones presentadas.....	10
Tabla 2.1 Descripción de los indicadores a utilizar para evaluar la usabilidad del prototipo en el nivel de diseño.....	18
Tabla 2.2 Descripción de los indicadores a utilizar para evaluar la usabilidad del prototipo en el nivel de operatividad	19
Tabla 2.3 Descripción de los indicadores a utilizar para evaluar la usabilidad del prototipo en el nivel de diseño.....	19
Tabla 3.1 Herramientas seleccionadas para la evaluación de la usabilidad del prototipo en el nivel de diseño.....	21
Tabla 3.2 Herramientas seleccionadas para la evaluación de la usabilidad del prototipo en el nivel de operatividad.	21
Tabla 3.3 Herramientas seleccionadas para la evaluación de la usabilidad del prototipo en el nivel de satisfacción.....	21
Tabla 3.4 Preguntas propuestas evaluar la caracterización del comportamiento de usuarios durante el diseño del prototipo.....	24

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos al optimizar un panel electrónico diseñado para la enseñanza de matemática básica a niños con discapacidad visual, además se describe los criterios básicos, y se estructura una metodología y herramientas para la evaluación de la usabilidad del prototipo. En la metodología propuesta la usabilidad se evalúa en términos de diseño, operatividad y satisfacción de los usuarios respecto del prototipo.

PALABRAS CLAVES: Discapacidad visual, enseñanza de matemáticas a niños con discapacidad visual, evaluación de la usabilidad de prototipos de tecnología didáctica, herramientas de evaluación de usabilidad, LEGO.

ABSTRACT

In the following paper, we introduced the results obtained by optimizing an electronic panel designed to the basic math teaching for children with visual impairment, also the basic criteria are described, And methodology and tools are structured for the evaluation of the usability of the prototype. In the proposed methodology, the usability is evaluated in terms of design, operation and user satisfaction with respect to the prototype.

KEYWORDS: Visual impairment, basic math teaching for children with visual impairment, usability evaluation of prototypes of instructional technology, Usability Assessment Tools, LEGO.

INTRODUCCIÓN

En septiembre de 2013, personal de la Sección de Electrónica y Telecomunicaciones del Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica, y de la Sección de Diseño, Proyectos Arquitectónicos y Urbanismo del Departamento de Arquitectura y Artes, de la Universidad Técnica Particular de Loja, decidieron colaborar en el diseño e implementación de un panel electrónico para la enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales. Como resultado, se desarrolló el panel electrónico que se muestra en la Figura.1.1 y que se describe en [1].

La evaluación de desempeño del panel desarrollado mostró que se cumplía con las especificaciones funcionales, pero se presentaba problemas operativos, especialmente en relación a la manipulación de las fichas. En este contexto, en marzo 2014 se acordó optimizar el panel, obteniendo los resultados descritos en trabajos previos [2], [3].

Una vez que se estableció continuar con el diseño e implementación del panel utilizando fichas tipo LEGO, en septiembre del 2014 se acordó conformar cuatro grupos de trabajo, teniendo como fin realizar el diseño e implementación del panel, el diseño e implementación del bloque de identificación electrónica de fichas, el diseño e implementación del algoritmo de control del panel, y, el análisis de resultados, tomando en cuenta que el último parámetro incluye la evaluación de la usabilidad del panel, y la evaluación de la correspondencia entre los requerimientos de la educación inclusiva y las características técnicas del prototipo.

En este documento, dividido en 3 capítulos, se recoge los resultados obtenidos al determinar el diseño de una metodología para evaluar la usabilidad del nuevo prototipo, atendiendo las dimensiones de diseño, operatividad, y satisfacción. En el primer capítulo se presenta, a manera de resumen, los resultados obtenidos al analizar diversas opciones tecnológicas para la optimización del panel original, y, se muestra los resultados obtenidos en la fase de conceptualización de un nuevo panel, y el tipo de fichas a utilizar.

En el capítulo 2, se presenta los resultados obtenidos al llevar a cabo el diseño de una metodología para la evaluación de la usabilidad del prototipo.

En el capítulo 3, se describe las herramientas seleccionadas para aplicar una metodología de evaluación de la usabilidad de un panel electrónico diseñado para enseñar operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales.

CAPITULO I

GENERALIDADES SOBRE EL ESTADO DEL PANEL ORIGINAL Y SOBRE EL DISEÑO Y CONCEPTUALIZACIÓN DEL NUEVO PROTOTIPO

1.1. Sobre el primer prototipo y su posterior optimización

En base a los problemas presentados en el panel implementado (ver Figura 1.1) se identificaron necesidades de optimización: disminución del volumen y peso de las fichas, integración de identificadores decimales y código Braille, reducción del desgaste de contactos en el circuito impreso, y diversificación en el uso de colores [1].

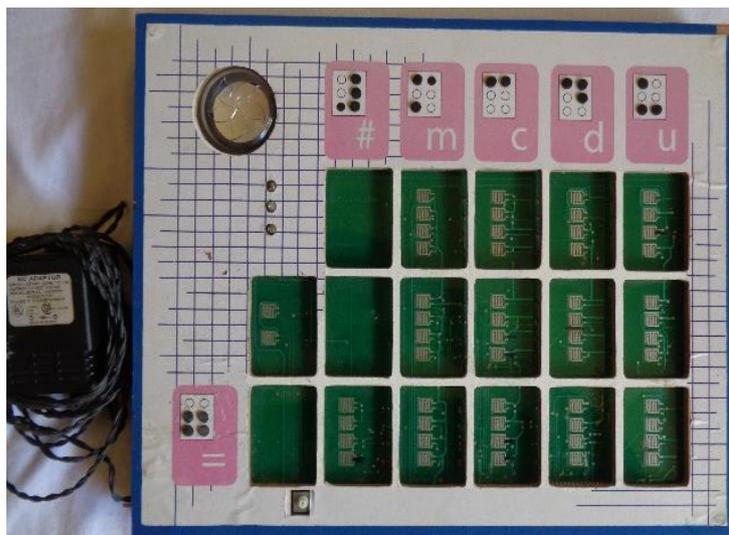


Figura 1.1. Versión original del panel electrónico implementado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales.
Fuente: [1]

Conocidas las necesidades de optimización, se formularon 6 diferentes propuestas tecnológicas. En la **primera opción** se propuso conservar las características de funcionamiento del panel original e incorporar un switch de encendido y apagado. El usuario ingresa los operandos presionando los pulsadores ubicados en el tablero, tal como se muestra en la Figura 1.2. Luego, selecciona el operador matemático, e indica la respuesta expresada en unidades, decenas y centenas. Al oprimir el operador “igual” y la tecla “comprobar”, se escucha el mensaje “correcto” para una operación válida, o “incorrecto” para una operación errónea. El usuario puede resetear los pulsadores, para ejecutar la operación nuevamente.



Figura 1.2. Primera opción de optimización del panel electrónico implementado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales.

Fuente: Autores.

En la **segunda opción**, se pretende llamar la atención de los niños para facilitar el aprendizaje, por lo que se utiliza un panel electrónico integrado a un oso de peluche. El panel opera de forma similar a lo descrito en el apartado anterior (ver Figura 1.3).



Figura 1.3. Segunda opción de optimización del panel electrónico implementado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales.

Fuente: Autores.

En la **tercera opción** se presenta un paradigma diferente al panel original, en el que dos jugadores participan identificándose cada uno de ellos con el color verde o azul respectivamente. Se utiliza un tablero con pulsadores (que contienen números entre uno y veinte), y tres dados (dos para los operandos y uno para las operaciones). El tablero y los

dados están identificados con código braille. El jugador lanza los dados. El procedimiento y el resultado se ingresa en el tablero, y, se verifica la correcta ejecución (ver Figura 1.4).

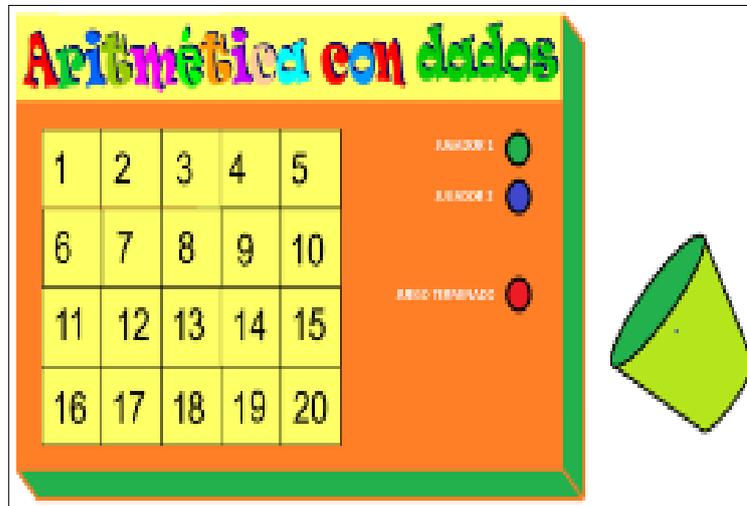


Figura 1.4. Tercera opción de optimización del panel electrónico implementado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales.

Fuente: Autores.

En la **cuarta opción**, para iniciar se presiona el botón "inicio", y el panel da a conocer, mediante audio, un número aleatorio. El usuario identifica dos operandos y una operación, que se ingresan al panel presionando los pulsadores del tablero. Si los operandos y la operación ingresada son correctos, se escuchará "correcto", caso contrario se indicará "incorrecto", y se generará un nuevo número aleatorio (ver Figura 1.5).

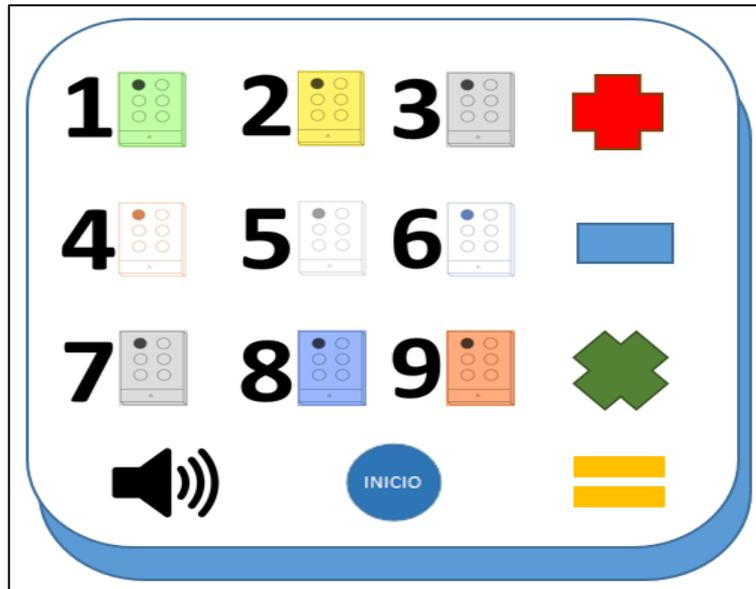


Figura 1.5. Cuarta opción de optimización del panel electrónico implementado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales.

Fuente: Autores.

La **quinta opción** se basa en el funcionamiento del juego “sudoku”, adaptándolo con numeración Braille (ver Figura 1.6). Este juego utiliza una tabla de 9x9, compuesta por bloques denominados también subtablas de 3x3. Algunas celdas contienen números dados. El juego tiene por objetivo completar las celdas vacías, de forma tal que cada columna, fila, y región contenga números del 1 al 9 una sola vez. El tablero contendrá los botones “empezar” y “evaluar”. La rutina de comprobación terminará con un mensaje de “correcto” o “incorrecto”.

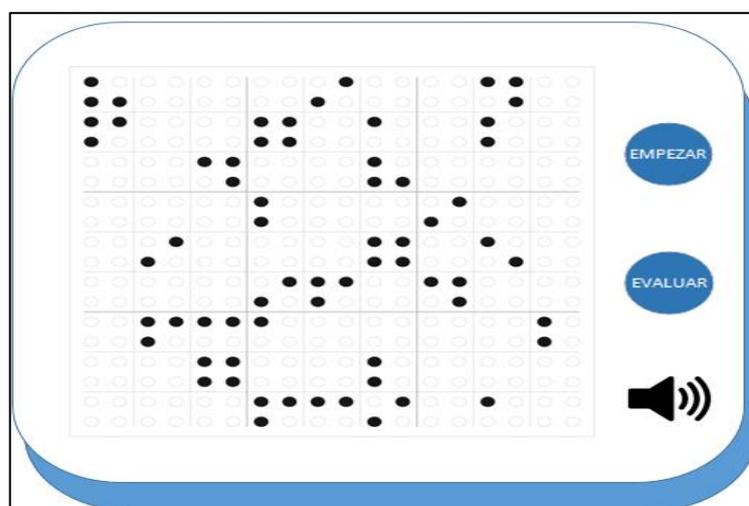


Figura 1.6. Quinta opción de optimización del panel electrónico implementado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales.

Fuente: Autores.

En la **sexta opción** se adapta fichas tipo LEGO al panel electrónico, con lo que se pretende reducir el desgaste prematuro de los contactos en los circuitos impresos. Se utiliza un tablero y diversas fichas (números y operaciones matemáticas). Las fichas se colocan en el tablero en la lógica: primer operando, segundo operando, operación, solución, y, comprobación (ver Figura 1.7).

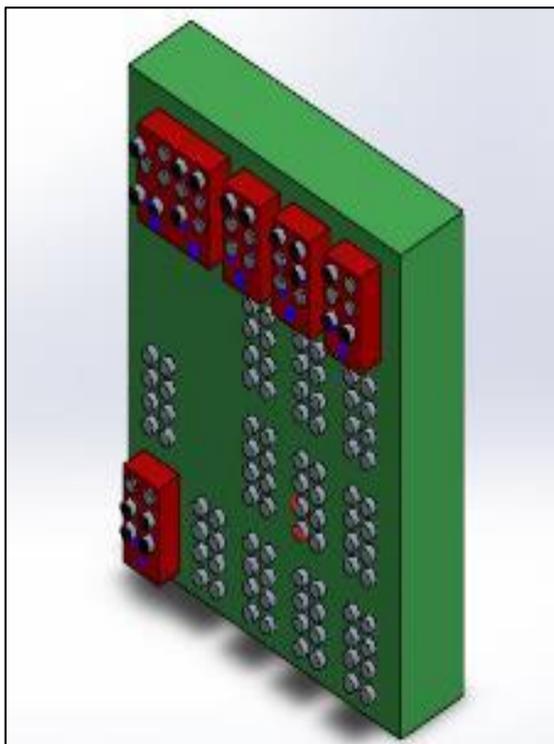


Figura 1.7. Sexta opción de optimización del panel electrónico implementado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales.

Fuente: Autores.

Las opciones señaladas se analizaron identificando potenciales inconvenientes de orden mecánico, y limitaciones en el número de cifras significativas de operandos y resultados. La Tabla 1.1 muestra las ventajas y desventajas de cada una de las opciones. Como resultado se seleccionó la sexta opción, considerando sobre todo la ampliación de las potencialidades en la enseñanza de las matemáticas que esta brinda.

Tabla 1.1. Análisis comparativo de las opciones presentadas

Opción	Ventajas	Desventajas
1	<ul style="list-style-type: none"> • Elementos no móviles • Se puede verificar que pulsadores están activados 	<ul style="list-style-type: none"> • No se puede activar 2 pulsadores simultáneamente • Desgaste prematuro • Sistema mecánico complejo • Gran tamaño
2	<ul style="list-style-type: none"> • Elementos no móviles 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste prematuro • Sistema mecánico complejo
3	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste limitado 	<ul style="list-style-type: none"> • Operación compleja
4	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste limitado 	<ul style="list-style-type: none"> • Operación compleja
5	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste limitado 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema complejo • Operación compleja
6	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste limitado • Manipulación intuitiva 	<ul style="list-style-type: none"> • Operación compleja

Fuente: Autores.

1.2. Requerimientos generales para el diseño del nuevo panel

En el grupo beneficiario de este proyecto, existen menores con ceguera parcial por lo que se consideró incluir en el diseño colores vivos. Además, se decidió incluir elementos estimulantes al tacto (codificación Braille) y al oído (sonidos “respuesta correcta” y “respuesta incorrecta”) [4], [5].

Al igual que en la versión original, el panel permitirá ejecutar las cuatro operaciones básicas (suma, resta, multiplicación y división). El panel constará de un tablero con una disposición de 5 columnas y 4 filas, y de una sección de encendido y sonorización, (ver Figura 1.8).

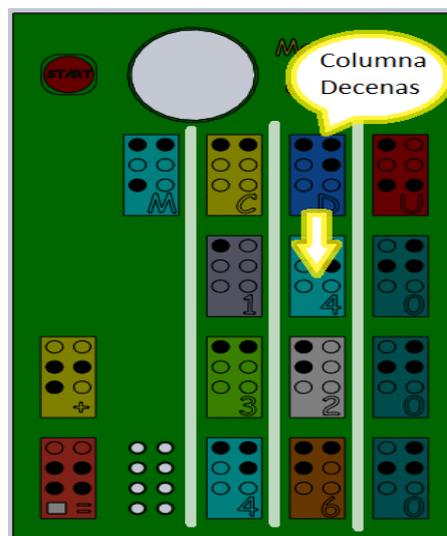


Figura 1.8. Tablero del panel electrónico optimizado.

Fuente: Autores.

Desde la derecha, las columnas del tablero permitirán ubicar las fichas correspondientes a unidades, decenas, centena, y miles. En la primera fila, en cada columna, permanecerán fijas las fichas que señalan el valor posicional de la columna.

En la última columna, a la izquierda del tablero, se ubicarán las fichas correspondientes a la operación aritmética a realizar (tercera fila desde arriba del tablero). En la posición quinta columna y cuarta fila, permanecerá fija la ficha de resultado de operación, construida sobre un pulsador.

En la sección de encendido y sonorización, ubicada en la parte superior del tablero, se encontrará el botón de inicio (START) y un parlante, que servirá para comunicar lo acertado o no de la operación efectuada.

Las fichas correspondientes a los operandos y al resultado, podrán ocupar exclusivamente posiciones predeterminadas en el tablero. La Figura 1.9 muestra el diseño del tablero, que corresponde al estándar de una pieza tipo LEGO.

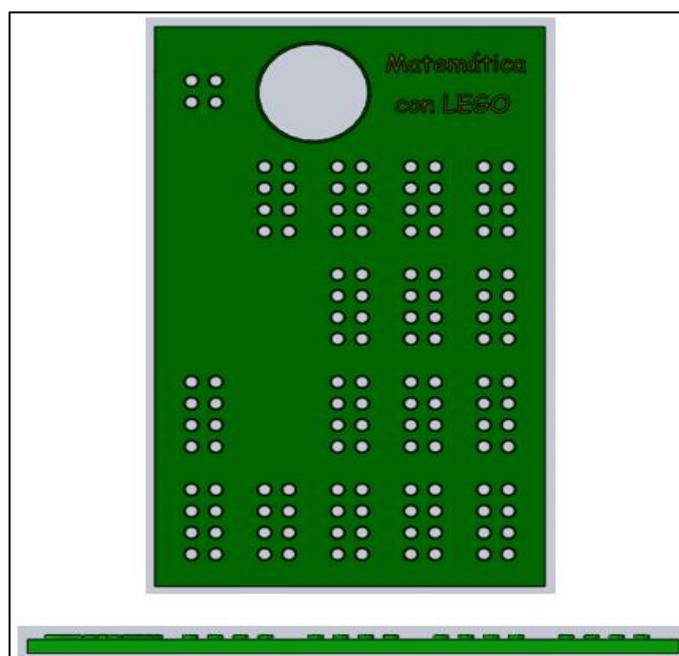


Figura 1.9. Vista superior y lateral izquierda del tablero.
Fuente: Autores.

En cada ficha de los operandos, se imprimirá el valor absoluto de la misma (de 0 a 9), en Braille (en la parte superior de la ficha) y en números arábigos (en la parte inferior de la ficha), tal como lo muestra la Figura 1.10.

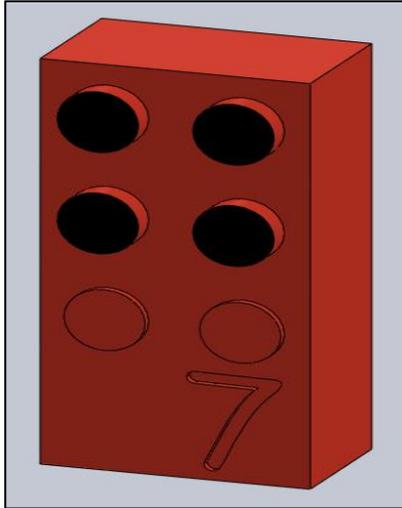


Figura 1.10. Tablero del panel electrónico optimizado.
Fuente: Autores.

La geometría de cada una de las fichas corresponde al estándar de una pieza LEGO (ver Figura 1.11 a la 1.13).

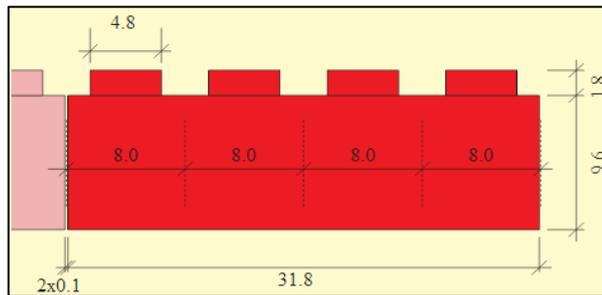


Figura 1.11. Vista lateral derecha de una pieza LEGO 4 x 2.
Fuente: [6]

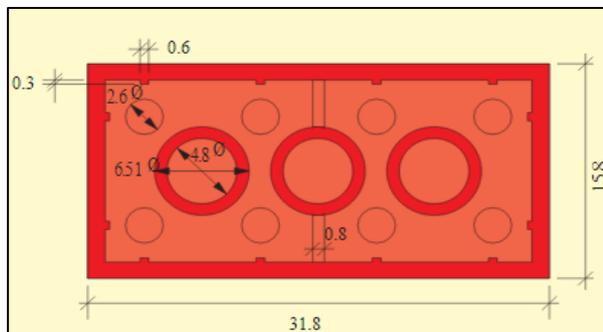


Figura 1.12. Vista inferior de una pieza de LEGO 4 x 2.
Fuente: [6]

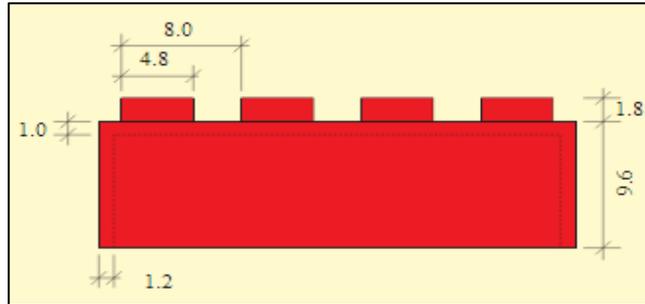


Figura 1.13. Vista lateral izquierda de una pieza de LEGO 4 x 2.
Fuente: [6]

Adicionalmente, se diseñó fichas para las operaciones matemáticas básicas, y, para el reconocimiento de las posiciones. La Figura 1.14 muestra el ensamblaje de las fichas sobre el tablero.

En otro contexto, al beneficio que brinda las fichas tipo LEGO (múltiples combinaciones y las distintas estructuras que se logran crear con un grupo básico de piezas), se suma el desarrollo de habilidades motrices y la adquisición de conceptos espaciales, como volumen, tamaño y formas geométricas [7]. Los infantes se sienten atraídos por la idea de aprender divirtiéndose, condición totalmente válida para niños con capacidad visual especial, esta opción se propone adaptar fichas tipo lego en el panel electrónico. Al utilizar las fichas tipo lego se pretende reducir el desgaste prematuro de los contactos en los circuitos impresos en el bloque de control, de tal forma que el panel tenga durabilidad.

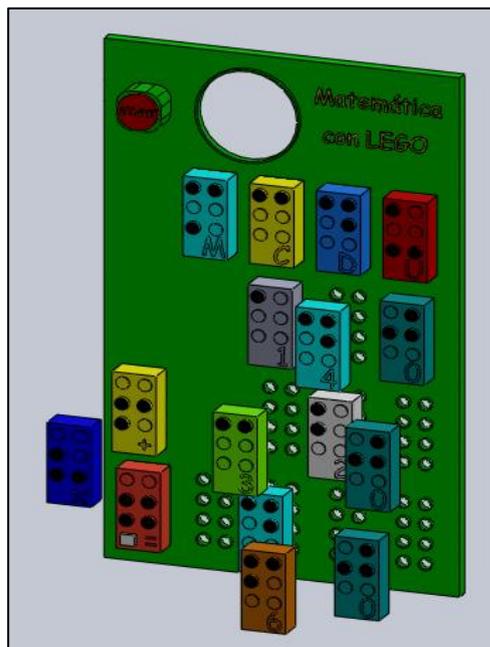


Figura 1.14. Vista general del tablero y de las fichas.
Fuente: [Autores]

1.3. Diseño a detalle de las fichas a utilizar en el panel

Considerando el grado de desarrollo de la capacidad táctil en el grupo beneficiario del proyecto, y, los requerimientos de estética planteados por el equipo de trabajo, se decidió plantear al menos 4 posibles diseños de fichas, de entre las cuales se escogería la opción óptima.

Debido a la disponibilidad de software y equipos, se decidió imprimir las fichas en 3D, utilizando los recursos del aplicativo Solidworks [8], y, de la impresora 3D tipo Makerbot Replicator 2X [9].

Para seleccionar la opción óptima del diseño de las fichas a utilizar en el panel, se decidió someter las impresiones al análisis del grupo beneficiario del proyecto. Se trabajó con los niños del cuarto año de educación básica del “Instituto para Ciegos Byron Eguiguren”. Este grupo está conformado por 6 menores, de los cuales 3 tienen capacidad visual especial. A cada uno de los niños se le pidió manipular las diferentes fichas impresas, recogiendo sus impresiones. Adicionalmente, se solicitó una apreciación a la tutora del grupo, una docente con 15 años de experiencia en el Instituto. Como resultado se pudo inferir que la opción óptima está representada en una ficha con los cilindros significativos para la codificación Braille con perfil redondeado, y, con el número arábigo impreso en bajo relieve (ver Figura 1.15).

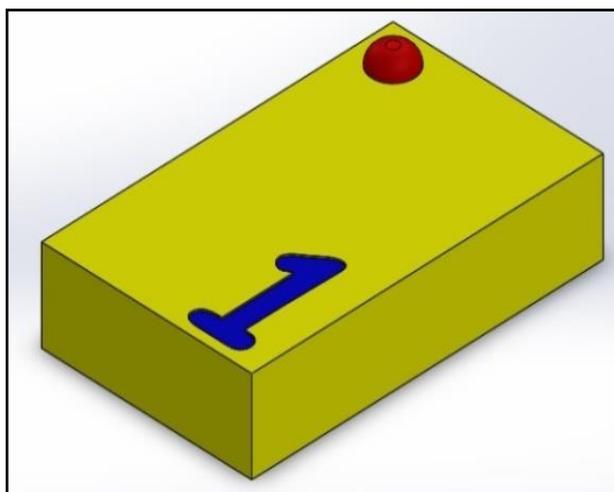


Figura 1.15. Vista de planta de ficha seleccionada.
Fuente: [6]

1.4. Programación de la ingeniería de detalle del panel

Establecida la conceptualización y el diseño de fichas tipo LEGO del panel, se conformó cuatro grupos de trabajo, encargándoles el diseño e implementación del panel, el diseño e implementación del bloque de identificación electrónica de fichas, el diseño e implementación del algoritmo de control del panel, y, el análisis de resultados.

CAPITULO II

**DISEÑO DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACION DE LA USABILIDAD DEL
PROTOTIPO**

2.1. Generalidades sobre el uso de juguetes en la enseñanza

La bibliografía [10] describe una relación cercana entre los juegos y el desarrollo de habilidades cognitivas, puesto que los juegos: 1) estimulan la atención y la memoria, ya que el niño debe centrarse en la situación de juego, en sus reglas y en su proceso; 2) desarrollan del rendimiento, ya que los niños se esfuerzan en comprender el proceso de juego; 3) estimulan la imaginación y la creatividad; y, 4) estimulan el pensamiento científico y matemático y la capacidad para resolver problemas, ya que muchas estrategias que sirven para analizar y explorar los juegos son las mismas que se utilizan ante situaciones lógico-matemáticas.

Por su parte, el uso de juguetes en el proceso de aprendizaje fortalece la práctica y motiva el interés. Para un aporte valioso, los juguetes deben cumplir con ciertos criterios pedagógicos, como los descritos en la bibliografía [11]: ser divertidos para incentivar el juego; de carácter global, polivalente, sencillo, abierto, con múltiples aplicaciones y combinaciones que soporten transformaciones; adaptados a las necesidades de los niños, respondiendo a sus intereses y a su experiencia, y facilitando la creación de intereses nuevos; aptos para posibilitar el descubrimiento, la necesidad de exploración, la creatividad y la socialización, estimulando la participación y el contacto con los demás; con mecanismos e instrucciones comprensibles para los niños.

Al planear el uso de juguetes didácticos es necesario tener presente el esquema conceptual que, partiendo de las habilidades que se pretende desarrollar en los niños, facilite la construcción de objetos mentales basados en los símbolos que el lenguaje del juego pueda aportar [11].

Finalmente, se recomienda que el juguete didáctico además de cumplir con una funcionalidad práctica, sea estético, ergonómico y que utilice el embalaje adecuado. En términos pedagógicos se fomenta que el juguete transmita armonía, belleza y gozo estético.

2.2. Sobre la evaluación de la usabilidad del prototipo.

Considerando la naturaleza del prototipo diseñado y el objetivo metodológico de su creación, en el marco de este proyecto se decidió evaluar los resultados del empleo del juguete didáctico en la enseñanza de matemáticas a los niños con capacidades visuales especiales, en términos de usabilidad.

De acuerdo a la norma ISO/IEC 9241, usabilidad es la efectividad, eficiencia y satisfacción con la que un producto permite alcanzar objetivos específicos a usuarios específicos, en un contexto de uso específico [12].

De acuerdo a [13], la usabilidad de juguetes de tipo tecnológico, es una cualidad abstracta que debe ser objetivizada a través de indicadores. En el marco de este proyecto, el equipo de trabajo utilizó la técnica de lluvia de ideas para identificar, priorizar y agrupar los posibles indicadores a utilizar. Como resultado se establecieron tres niveles básicos de indicadores: de diseño, de operatividad, y, de satisfacción.

La información existente en la bibliografía [14] - [20] permitió establecer un conjunto mínimo de indicadores adecuado a la realidad del proyecto. En el nivel de diseño se incluyeron los indicadores de caracterización del comportamiento de los usuarios, caracterización de la motivación de los usuarios, eficiencia y tasa de error (ver Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Descripción de los indicadores a utilizar para evaluar la usabilidad del prototipo en el nivel de diseño.

Indicador	Descripción	Focos de interés
Caracterización de la motivación de los usuarios	Durante el diseño e implementación del prototipo se consideró los modelos curriculares y/o las políticas educativas	
Caracterización del comportamiento de los usuarios	Durante el diseño e implementación del prototipo se consideró la forma de pensar y actuar de los potenciales estudiantes	Creencias y preferencias. Barreras percibidas.
Eficiencia	Se refiere al número de transacciones por unidad de tiempo que el estudiante puede realizar usando el prototipo	
Tasa de error	Se refiere al número de errores cometidos por el estudiante mientras realiza una determinada tarea	

Fuente: Autores.

En el nivel de operatividad se encuentran los indicadores de recuerdo en el tiempo, funcionalidad, y, adaptabilidad (ver Tabla 2.2)

Tabla 2.2. Descripción de los indicadores a utilizar para evaluar la usabilidad del prototipo en el nivel de operatividad.

Indicador	Descripción
Recuerdo en el tiempo	Se refiere al tiempo durante el cual el estudiante es capaz de recordar cómo funciona el prototipo, luego de una pausa en su utilización.
Funcionalidad	Se refiere a la calificación asignada por los estudiantes respecto a lo funcional que puede ser el prototipo para el grupo de estudiantes finales.
Adaptabilidad	Se refiere a las posibilidades de adaptar el uso del prototipo a una diversidad de estudiantes, sus niveles y al desarrollo de objetivos diferentes a los planteados originalmente.

Fuente: Autores.

En el nivel de satisfacción se incluye los indicadores de utilidad, facilidad de aprendizaje, e interactividad (ver Tabla 2.3)

Tabla 2.3. Descripción de los indicadores a utilizar para evaluar la usabilidad del prototipo en el nivel de satisfacción.

Indicador	Descripción
Utilidad	Se refiere a la calificación asignada por el estudiante respecto a cuán útil es el prototipo en comparación con otros medios pedagógicos utilizados en forma tradicional
Facilidad de aprendizaje	Se refiere al tiempo requerido para dominar la funcionalidad básica del prototipo (hardware y/o software) antes de ser capaz de realizar correctamente la tarea que desea el estudiante
Interactividad	Se refiere al grado de comunicación o interrelación entre el estudiante y el prototipo

Fuente: Autores.

CAPITULO III

HERRAMIENTAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD DEL PROTOTIPO

3.1. Sobre la selección de las herramientas a utilizar

Las Tablas 3.1, 3.2 y 3.3 describen la selección de herramientas para evaluar cada uno de los indicadores de usabilidad, en los niveles de diseño, operatividad y satisfacción. En cada tabla se describe el indicador, se señala la herramienta seleccionada, y se identifica al grupo involucrado que aportará para la evaluación.

Tabla 3.1. Herramientas seleccionadas para la evaluación de la usabilidad del prototipo en el nivel de diseño.

Indicador	Herramienta seleccionada	Evaluación a criterio de
Caracterización de la motivación	Entrevista	Docentes
Caracterización del comportamiento	Entrevista	Docentes y estudiantes
Eficiencia	Lista de cortejo.	Estudiantes
Tasa de error	Escala de rango.	Estudiantes

Fuente: Autores.

Tabla 3.2. Herramientas seleccionadas para la evaluación de la usabilidad del prototipo en el nivel de operatividad.

Indicador	Herramienta seleccionada	Evaluación a criterio de
Recuerdo en el tiempo	Lista de cortejo, Test.	Estudiantes
Funcionalidad	Checklist	Estudiantes
Adaptabilidad	Checklist	Estudiantes y docentes

Fuente: Autores.

Tabla 3.3. Herramientas seleccionadas para la evaluación de la usabilidad del prototipo en el nivel de satisfacción.

Indicador	Herramienta seleccionada	Evaluación a criterio de
Utilidad	Checklist	Estudiantes y docentes
Facilidad de aprendizaje	Escala de rango.	Estudiantes
Interactividad	Escala de Likert	Estudiantes

Fuente: Autores.

Se conoce como **entrevista** a un acto de comunicación oral, que se establece entre dos o más personas, con el fin de obtener una información o una opinión [21]. En este proyecto, se plantea aplicar una entrevista para recolectar información sobre la motivación de estudiantes, y el comportamiento de estudiantes.

Las listas de cortejo permiten registrar los patrones, que un hecho observado presenta a lo largo del tiempo [22]. En este proyecto, se plantea utilizar listas de verificación para recolectar información sobre eficiencia del prototipo, tasa de errores del prototipo, y recuerdo en el tiempo por parte del estudiante. Se plantea que el evaluador responda a las listas a diseñar, una vez que se haya realizado una demostración del funcionamiento del prototipo.

La escala de rango considera una serie de indicadores evaluados en una escala gradada, a la misma que puede ser numérica, literal, gráfica, o descriptiva [22]. En este proyecto, se utilizará esta herramienta para medir la tasa de errores y facilidad de aprendizaje.

Se conoce como **checklist** a un formato creado para realizar actividades repetitivas, controlar el cumplimiento de una lista de requisitos, o recolectar datos de forma ordenada y sistemáticamente [23]. En este proyecto, esta herramienta se destinó para ser utilizada en la medición de la funcionalidad, adaptabilidad y utilidad del prototipo.

La escala de Likert es de nivel ordinal y se caracteriza por ubicar una serie de frases seleccionadas en una escala con grados de acuerdo/desacuerdo. [24] En este proyecto, se designó utilizar esta herramienta para medir la interactividad, en la que se valorará el grado de comunicación o interrelación entre el estudiante y el prototipo.

La observación es un proceso que recoge información sobre un objeto, que contiene una etapa implícita de codificación en la que la información bruta seleccionada se traduce a un código [22]. En este proyecto, se aplicará la observación para medir la eficiencia del prototipo, la tasa de errores del prototipo, el recuerdo en el tiempo por parte del estudiante, y la funcionalidad del prototipo.

El **Test** es una técnica derivada de la entrevista y la encuesta, tiene como objeto lograr información sobre rasgos definidos de la personalidad, la conducta o determinados comportamientos y características individuales o colectivas de la persona, a través de

preguntas, actividades, manipulaciones, etc., que son observadas y evaluadas por el investigador [6] En el actual proyecto se destinó utilizar el test para la recolección de datos acerca del recuerdo en el tiempo.

En la Figura 3.1 se puntualiza el proceso a seguir con la finalidad de lograr definir si el prototipo cumple con todas las condiciones y expectativas que se planteó originalmente.

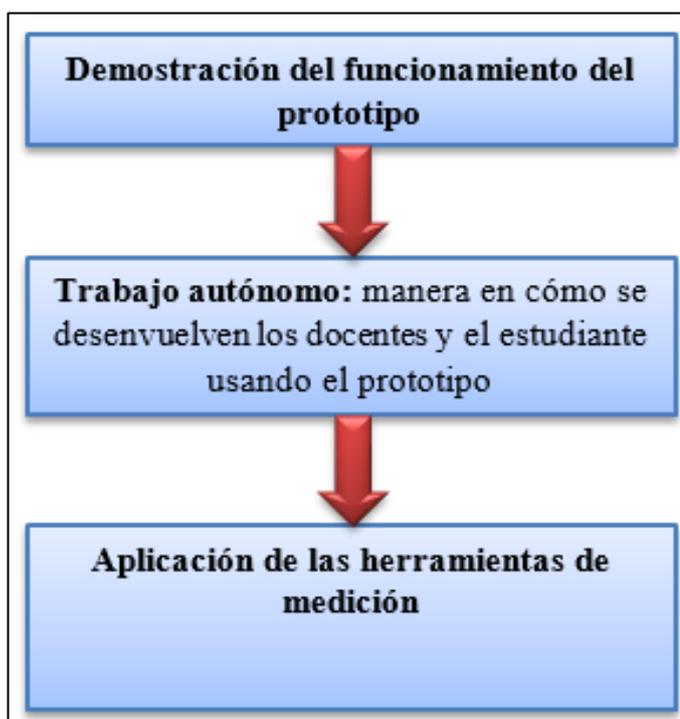


Figura 3.1. Proceso a seguir para la evaluación del prototipo.

Fuente: [Autores]

3.2. Herramientas para la medición de la usabilidad en el nivel de diseño

Para determinar el ***nivel de caracterización de la motivación de usuarios durante el diseño del prototipo***, se aplicará una entrevista a docentes, planteando al menos dos interrogantes: ¿considera Usted qué se puede utilizar el prototipo diseñado en la enseñanza de operaciones matemáticas básicas?, y, ¿considera Usted que el uso del prototipo en la enseñanza cumple con las exigencias y expectativas planteadas en el modelo curricular utilizado en la institución, y en las políticas educativas de inclusión? Complementariamente, se solicitará a los entrevistados ampliar sus puntos de vista respecto a las interrogantes planteadas.

El ***nivel de caracterización del comportamiento de usuarios durante el diseño del prototipo***, se medirá a través de una entrevista dirigida a docentes y estudiantes, que

se realizará al finalizar una demostración de la funcionalidad del prototipo diseñado. Las preguntas a plantear se describen en la Tabla 3.2.

Tabla 3.4. Preguntas propuestas evaluar la caracterización del comportamiento de usuarios durante el diseño del prototipo.

Preguntas	Evaluado
¿Qué potencialidades y barreras pudo Usted identificar en el funcionamiento del prototipo?	Docentes
¿Cuál es la valoración general que Usted daría al funcionamiento del prototipo?	
¿Tuvo Usted algún problema al usar el dispositivo?	Estudiantes
¿Cuál es la valoración general que Usted daría al funcionamiento del prototipo?	

Fuente: Autores.

Para determinar **la eficiencia del prototipo**, se utilizará la lista de cortejo que se muestra en la Figura 3.2. Se registrará el número de transacciones (operaciones) que el estudiante logre realizar durante una hora académica (45 minutos). El promedio de operaciones realizadas por estudiante se compara con el número de operaciones que es posible realizar, en ese mismo periodo, utilizando otros recursos didácticos. En una entrevista previa con la directora del centro dedicado a la educación de niños con discapacidad visual especial en la ciudad de Loja, se estableció que con un ábaco se realiza en promedio 10 sumas, 10 restas y 8 multiplicaciones en una hora clase. Estas operaciones alcanzan la complejidad de decenas. Entonces, la eficiencia del prototipo se considerará aceptable (A) si el número de operaciones realizadas es igual al número de operaciones esperadas, sobresaliente (S) si el número es superior, y, mala (M) si el número es inferior.

Tiempo de observación: 45 min			
Valoración: Sobresaliente (S), Aceptable (A), Mala (M)			
Estudiante	Número de sumas realizadas	Número de restas realizadas	Número de multiplicaciones realizadas
	Total		
	Promedio		
	Valoración		
OBSERVACIONES:			

Figura 3.2. Lista de cortejo para evaluar la eficiencia del prototipo.

Fuente: [Autores]

La tasa de error en el uso del prototipo se medirá con la escala de rango mostrada en la Figura 3.3. Durante un período de 45 minutos se observará el trabajo de los usuarios en el prototipo, y se registrará el número de errores cometidos. En la entrevista a la directora del centro de educación se pudo establecer que durante el proceso de enseñanza la tasa de error puede alcanzar un 50%. Entonces, se considerará que el prototipo presenta una tasa de error aceptable (A) si la tasa registrada es igual a la habitual, sobresaliente (S) si es menor, y mala (M) si es superior.

Tiempo de observación: 45 min				
Escala de valoración: Satisfactorio (2) Bueno (1) Mala (0) Condiciones : Satisfactorio (errores son menores a: 5 sumas, 5 restas y 4 multiplicaciones) Aceptable (errores son iguales a: 5 sumas, 5 restas y 4 multiplicaciones) Mala (errores son mayores a: 5 sumas, 5 restas y 4 multiplicaciones)				
Aspectos observados	Número de errores	0	1	2
Sumas realizadas en el tiempo establecido.				
Restas realizadas en el tiempo establecido.				
Multiplicación realizada en el tiempo establecido.				
OBSERVACIONES				

Figura 3.3. Lista de cortejo para evaluar la tasa de error en el uso del prototipo.
Fuente: [Autores]

3.3. Herramientas para la medición de la usabilidad en el nivel de operatividad

Para evaluar el grado de **recuerdo en el tiempo del prototipo** se aplicará un test a través del cual se solicitará a los estudiantes realizar 5 operaciones de suma, 5 de resta y 4 de multiplicación. Este test se repetirá 30 días después de la primera. Con ayuda de la lista de cortejo mostrada en la Figura 3.4 se registrará el tiempo que le tomó a cada uno de los estudiantes completar el test en las dos oportunidades. Se considera que al realizar el test por primera vez, el estudiante invertirá un tiempo total igual a la suma del tiempo de aprendizaje t_{ap} del uso del prototipo más el tiempo requerido para la ejecución de las operaciones matemáticas t_{op} . Si el prototipo se caracteriza por un buen recuerdo en el tiempo, en la segunda oportunidad en la que se realice el test, el tiempo t_{ap} debe desaparecer o ser mínimo. Desde esta perspectiva, se considerará que el recuerdo en el tiempo del prototipo es sobresaliente (S) si el tiempo empleado en completar el test en la

segunda oportunidad es menor al empleado en la primera, aceptable (A) si es el mismo, y mala (M) si es mayor.

Valoración: Sobresaliente (S), Aceptable (A), Mala (M)					
Estudiante	Tiempo en el que completó el test en la primera oportunidad	Tiempo en el que completó el test en la segunda oportunidad	Valorización		
			S	A	M
OBSERVACIONES					

Figura 3.4. Lista de cortejo para evaluar el recuerdo en el tiempo del prototipo.

Fuente: [Autores]

Para medir la **funcionalidad del prototipo** se utilizará el checklist mostrado en la Figura 3.5. El checklist incluirá 10 ítems de control, distribuidos en tres secciones (aprendizaje y comprensión, operatividad, y atraktividad), de acuerdo a las sugerencias de la norma ISO-9126 para evaluación de software educativo [25]. Las respuestas afirmativas en cada ítem se valorarán con 1 punto, y las negativas con 0 puntos. Se considerará que la funcionalidad del prototipo es sobresaliente (S) si la suma total de puntos se encuentra en el rango entre 8 y 10, aceptable (A) si esta entre 5 y 7, y mala (M) si es inferior a 4.

Nombre:		Fecha:	
Sobresaliente (8-10) ;Aceptable (5-7) ;Mala(0-4)		Inspector:	
		Si (1)	No (0)
1. Aprendizaje y comprensión			
Sumar es una operación sencilla de realizar en el prototipo			
Restar es una operación sencilla de realizar en el prototipo			
Multiplicar es una operación sencilla de realizar en el prototipo			
2. Operatividad			
Los sonidos se escuchan claramente			
El relieve de las fichas es el adecuado.			
Las fichas no se desarman fácilmente.			
3. Atractividad			
Las fichas son fácilmente manipulables			
Los sonidos emitidos por el prototipo son agradables			
El trabajo con el prototipo es agradable			
Existe el deseo de volver a utilizar el prototipo			
TOTAL			
Observaciones			

Figura 3.5. Checklist para evaluar la funcionalidad del prototipo.

Fuente: [Autores]

La adaptabilidad del prototipo se medirá a través de un checklist mostrado en la Figura 3.6. El mismo que será aplicado a los docentes, en la que se obtendrá información relevante a la versatilidad del prototipo, el respeto a las normas de seguridad, y su aporte al aprendizaje de los niños. La opción de acuerdo en cada ítem se valorarán con 1 punto, y la opción desacuerdo con 0 puntos. Se considerará que la adaptabilidad del prototipo es sobresaliente (S) si la suma total de puntos se encuentra en el rango entre 6 y 8, aceptable (A) si esta entre 3 y 5, y mala (M) si es inferior a 2.

Nombre:	Fecha:	
Sobresaliente (6-8) ; Aceptable (3-5) ;Mala(0-2)	Inspector:	
	De acuerdo (1)	Desacuerdo (0)
3.1 Riesgos		
No se identificaron objetos corto punzantes		
No existe presencia de choques eléctricos		
No existe riesgo de asfixia por ingesta de objetos pequeños		
El material del prototipo no es nocivo para los niños.		
3.2 Aporte		
El prototipo cumple con el plan de aprendizaje.		
El prototipo aporta de manera positiva al aprendizaje del niño.		
3.3 Versátil		
Se utiliza el prototipo para otras actividades académicas.		
El prototipo se adapta a las necesidades de los niños.		
TOTAL		
Observaciones		

Figura 3.6. Checklist para evaluar la adaptabilidad del prototipo
Fuente: [Autores]

3.4. Herramientas para la medición de la usabilidad en el nivel de satisfacción

Para la **medición de la utilidad del prototipo** se utilizará el checklist mostrado en la Figura 3.7. Una vez demostrado el funcionamiento del prototipo, se organizará una jornada de uso libre del mismo, luego de la cual se aplicará el checklist obteniendo información sobre la facilidad de uso del prototipo, el nivel de aceptación por parte del estudiante (tanto por apreciación de cada estudiante como por apreciación de externos). Las respuestas afirmativas en cada ítem se valorarán con 1 punto, y las negativas con 0 puntos. Se considerará que la utilidad del prototipo es sobresaliente (S) si la suma total de puntos es de 3, aceptable (A) si es de 2, y mala (M) si es inferior a 1.

Nombre:	Fecha:	
Sobresaliente (3) ; Aceptable (2) ; Mala(0-1)	Inspector:	
	Si (1)	No (0)
El uso del prototipo no presenta dificultades		
El prototipo captó tu atención (estudiante)		
El prototipo captó de manera positiva la atención del estudiante (observador)		
TOTAL		
Observaciones		

Figura 3.7. Checklist para evaluar la utilidad del prototipo.

Fuente: [Autores]

Para medir **la facilidad de aprendizaje** del uso del prototipo se utilizará la escala de rango mostrada en la Figura 3.8. Se comparará el tiempo requerido para aprender a utilizar un ábaco t_{aa} con el tiempo requerido para aprender a utilizar el prototipo t_{ap} . El ábaco es el material didáctico utilizado habitualmente para enseñar las operaciones matemáticas básicas en las escuelas afines. La información base señala que el tiempo requerido por un estudiante promedio para aprender a utilizar un ábaco es de 20 min. Desde esta perspectiva, se considerará que la facilidad de aprendizaje del prototipo es sobresaliente (S) si el tiempo de aprendizaje es menor a 20 min, aceptable (A) si es el mismo, y mala (M) si es mayor. Para medir el tiempo requerido en el aprendizaje se aplicará el mismo test diseñado para evaluar el recuerdo en el tiempo del prototipo, y se considerara que el estudiante “aprendió” cuando se observe que el estudiante ya no comete errores operativos en el uso del prototipo.

Escala de valoración:				
Satisfactorio (2) Bueno (1) Mala (0)				
Condiciones :				
Satisfactorio (Si es menor a 20 min)				
Aceptable (Si es igual a 20 min)				
Mala (Si es mayor a 20 min)				
Alumno	Tiempo requerido para aprender a utilizar el prototipo	0	1	2
OBSERVACIONES:				

Figura 3.8. Escala de rango para evaluar la facilidad de aprendizaje del prototipo.

Fuente: [Autores]

Para medir la **interactividad del prototipo** se utilizará la escala de Likert mostrada en la Figura 3.9, que incluye 8 ítems. Se valorará la experiencia del estudiante tras la manipulación del prototipo basándonos en parámetros como la espacialización, identificación por medio del tacto, señalización luminosa, señalización sonora y aporte del prototipo al aprendizaje. La respuesta a las preguntas planteadas se ponderaran con 0 puntos para “desacuerdo”, 1 punto para “indeciso”, y 2 puntos para “de acuerdo”. La interactividad se considerará sobresaliente (S) si la suma de ponderaciones se encuentra en el rango entre 10 y 14 puntos, aceptable (A) si esta entre 5 y 9 puntos, y mala (M) si es inferior a 4 puntos.

Sobresaliente (10-14), Aceptable (5-9), Mala(0-4)				
De acuerdo (DA)=2pts; Indeciso (I)=1pts; Desacuerdo (D)=0pts				
Parámetro	Descripción	DA	I	D
Espacialización de las operaciones matemáticas	La señalización en código Braille existente en el panel, facilita la ubicación de las fichas en las columnas correspondientes a unidades, decenas, centenas.			
Identificación de fichas	La señalización en código Braille existente en las fichas facilita su identificación			
Señalización luminosa	Las señales luminosas emitidas por el prototipo son de fácil comprensión y / o aportan información valiosa al usuario			
Señalización sonora	Las señales sonoras emitidas por el prototipo son de fácil comprensión y / o aportan información valiosa al usuario			
Aporte del prototipo al aprendizaje	La utilización del prototipo resulta amena y divertida			
	Utilizar el prototipo resulta más interesante que usar otras herramientas			
	El prototipo realmente apoya en el aprendizaje de las operaciones matemáticas básicas.			
TOTAL				

Figura 3.9. Escala de Likert para la evaluación de la interactividad del prototipo.

Fuente: [Autores]

CONCLUSIONES

- Se analizó 6 opciones de optimización del panel electrónico implementado, identificando como óptima a la que propone la adopción de fichas tipo LEGO, considerando sus ventajas y desventajas, pero sobre todo la ampliación de las potencialidades de enseñanza de matemáticas.
- Considerando el grado de desarrollo de la capacidad táctil en el grupo beneficiario del proyecto, y, los requerimientos de estética planteados por el equipo de trabajo, se decidió plantear al menos 4 posibles diseños de fichas tipo LEGO a utilizar en el panel (operandos, operadores, y, referencias de posición), de entre las cuales se escogería la opción óptima.
- Como resultado de este trabajo se ha establecido el abordaje metodológico y se han construido las herramientas y métrica necesarias para evaluar la usabilidad del prototipo diseñado, en términos de diseño, operatividad y satisfacción de usuarios.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Diseño del Material Didáctico Matemático y Discapacidad Visual en niños de Educación Básica [en línea]. Disponible en <http://memorias.utpl.edu.ec/sites/default/files/documentacion/arte2013/utpl-diseno-material-didactico-matematico.pdf>
- [2] Bermeo. Figueroa. Lima. Ochoa. Peña. Romero. Jaramillo, «Análisis de opciones de optimización de un panel electrónico diseñado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales,» Loja, 2014.
- [3] Bermeo. Figueroa. Lima. Ochoa. Peña. Romero. Jaramillo, «Diseño de un panel electrónico para la enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidad visual especial, basado en la utilización de fichas tipo LEGO,» Loja, 2014.
- [4] “Los niños ciegos y su educación”, [en línea]. Consultado 2014-03-11 URL: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lda/arteaga_j_g/capitulo2.pdf
- [5] FERNÁNDEZ DEL CAMPO, José Enrique. “Braille y Matemática” [en línea]. Consultado 2014-03-04. URL:http://sid.usal.es/idocs/f8/fdo10191/braille_y_matematica.pdf
- [6] “Dimensiones de LEGO” [en línea]. Consultado 2014-03-15 URL: <http://www.robertcailliau.eu/Lego/Dimensions/zMeasurements-en.xhtml>
- [7] “Educación con LEGO” [en línea]. Consultado 2014-03-15. URL: <http://education.lego.com/en-us/lego-education-product-database/preschool/9027-lego-duplo-brick-set>
- [8] Software de diseño CAD en 3D, SOLIDWORKS, sitio web, [en línea], consultado 2014-03-11. URL: <http://www.solidworks.com/>
- [9] Makerbot Replicator 2 Desktop 3D Printer, sitio web, [en línea], consultado 2014-04-23. URL: <http://store.makerbot.com/replicator2x>
- [10] FBEJARANO GONZÁLEZ Fátima, “Los juguetes como recursos didácticos” [en línea]. Consultado 2015-06-18. URL: <http://www.eumed.net/rev/ced/03/fbg2.htm>.
- [11] BAÑUELOS Capistrán Jacob, “Aplicación de la semiótica a los procesos del diseño” [en línea]. Consultado 2015-06-22. URL: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/141028.pdf>
- [12] LUJAN Mora Sergio, “Usabilidad: principios básicos” [en línea]. Consultado 2015-07-09. URL: <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/26499/1/Usabilidad%20web%20-%20Principios%20b%C3%A1sicos.pdf>
- [13] BAUTISTA VALLEJO José Manuel, “Criterios Didácticos en el diseño de materiales y juegos en Educación Infantil y Primaria” [en línea]. Consultado 2015-06-14. URL:

- <http://www.uhu.es/agora/version01/digital/numeros/02/02-articulos/miscelanea/bautista.PDF>
- [14] “Informe Proyecto Pertinencia y condiciones facilitadoras del uso de Ambientes Inmersivos Virtuales para mediar procesos de aprendizaje colaborativo, en un caso de la asignatura de Ética y Colombia Realidad e Instituciones Políticas CRIP” [en línea]. Consultado 2015-06-17. URL: http://www.urosario.edu.co/CGTIC/Documentos/informeFinal_MVI_ECI_UR.pdf.
- [15] GONZÁLEZ BOLEA Lorenzo, CARMONA CALVO Miguel Ángel, RIVAS ZAPATA Miguel Ángel, “Guía para la medición directa de la satisfacción de los clientes” [en línea]. Consultado 2015-07-21. URL: <http://excelencia.iat.es/files/2012/08/2007.Guia-clientes.pdf>
- [16] “Medición de la satisfacción de las familias usuarias de la Fundación INTEGRA” [en línea]. Consultado 2015-07-28. URL: http://web.integra.cl/doctos_cedoc/archivos/documentos/Informe%20Final%20Satisfaccion%20Usuarios%202010.pdf
- [17] “Principios Básicos de Usabilidad para Ingenieros Software” [en línea]. Consultado 2015-07-29. URL: <http://www.eici.ucm.cl/Academicos/ygomez/descargas/calidad/usabilidad.pdf>
- [18] “Juego, juguetes y discapacidad” [en línea]. Consultado 2015-07-30. URL: <http://www.pasoapaso.com.ve/index.php/temas/ocio-y-tiempo-libre/item/2690-juego-juguetes-y-discapacidad>.
- [19] ACALLE Alberto, “Funcionalidad no es usabilidad” [en línea]. Consultado 2015-08-28. URL: <http://www.albertolacalle.com/hci/funcionalidad-usabilidad.htm>
- [20] “Juegos juguetes y discapacidad, La importancia del diseño Universal” [en línea]. Consultado 2015-08-19. URL: <http://educacion.once.es/appdocumentos/educa/prod/folleto%20AIJU.pdf>
- [21] “La entrevista” [en línea]. 2016-01-10. URL: http://www.materialesdelengua.org/EXPERIENCIAS/PRENSA/f_entrevista_web.pdf
- [22] “Escala de Rango” [en línea]. Consultado 2016-01-10. URL: <http://es.scribd.com/doc/114386401/ESCALA-DE-CALIFICACION-O-DE-RANGO#scribd>
- [23] “Checklist / Listas de chequeo: ¿Qué es un Checklist y cómo usarlo?” [en línea]. Consultado 2016-01-10. URL: <http://www.pdcahome.com/check-list/>
- [24] “Escala de Likert” [en línea]. Consultado 2016-01-10. URL: http://www.ict.edu.mx/acervo_bibliotecologia_escalas_Escala%20de%20Likert.pdf

- [25] “Norma ISO-9126 para análisis de software” [en línea]. Consultado 2016-02-16. URL: http://www.cuatrorios.org/index.php?option=com_content&view=article&id=163:norma-iso-9126-para-an%C3%A1lisis-de-software&catid=39:blogsfeeds

ANEXOS

Diseño de una metodología de evaluación de la usabilidad de un panel electrónico para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales

Alexis Bermeo^{#1}, Andy Peña^{#1}, Jonathan Romero^{#1}, Cinthya Figueroa^{#1}, Milton Lima^{#1}, Karen Ochoa^{#1}, Jorge Luis Jaramillo^{#2}

#1 Profesional en formación de la Titulación de IET, Universidad Técnica Particular de Loja

#2 Docente de la SET del DCCE, Universidad Técnica Particular de Loja

Loja, Ecuador

2015

¹ambermeo1@utpl.edu.ec, ¹arpena@utpl.edu.ec, ¹jaromero3@utpl.edu.ec, ¹cafigueroa1@utpl.edu.ec, ¹mjlimal1@utpl.edu.ec, ¹knochoa@utpl.edu.ec, ²jorgeluis@utpl.edu.ec

Resumen— *En este trabajo se presentan los resultados obtenidos al optimizar un panel electrónico diseñado para la enseñanza de matemática básica a niños con discapacidad visual, además se describe los criterios básicos, y se estructura una metodología y herramientas para la evaluación de la usabilidad del prototipo. En la metodología propuesta la usabilidad se evalúa en términos de diseño, operatividad y satisfacción de los usuarios respecto del prototipo.*

Palabras claves— *discapacidad visual, enseñanza de matemáticas a niños con discapacidad visual, evaluación de la usabilidad de prototipos de tecnología didáctica, herramientas de evaluación de usabilidad, LEGO.*

I. INTRODUCCIÓN

En septiembre de 2013, personal de la Sección de Electrónica y Telecomunicaciones del Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica, y de la Sección de Diseño, Proyectos Arquitectónicos y Urbanismo del Departamento de Arquitectura y Artes, de la Universidad Técnica Particular de Loja, decidieron colaborar en el diseño e implementación de un panel electrónico para la enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales. Como resultado, se desarrolló el panel electrónico que se muestra en la Fig.1, y que se describe en [1].

La evaluación de desempeño del panel desarrollado mostró que se cumplía con las especificaciones funcionales, pero se presentaba problemas operativos, especialmente en relación a la manipulación de las fichas. En este contexto, en marzo 2014 se acordó optimizar el panel, obteniendo los resultados descritos en trabajos previos [2], [3].

Una vez que se estableció continuar con el diseño e implementación del panel utilizando fichas tipo LEGO, en septiembre del 2014 se acordó conformar cuatro grupos de trabajo, teniendo como fin realizar el diseño e implementación del panel, el diseño e implementación del bloque de identificación electrónica de fichas, el diseño e implementación del algoritmo de control del panel, y, el análisis de resultados, tomado en cuenta que el ultimo parámetro incluye la evaluación de la usabilidad del panel, y la evaluación de la correspondencia entre los requerimientos de la educación inclusiva y las características técnicas del prototipo. En este documento se recoge los resultados obtenidos al determinar el diseño de una metodología para evaluar la usabilidad del nuevo prototipo, atendiendo las dimensiones de diseño, operatividad, y satisfacción.

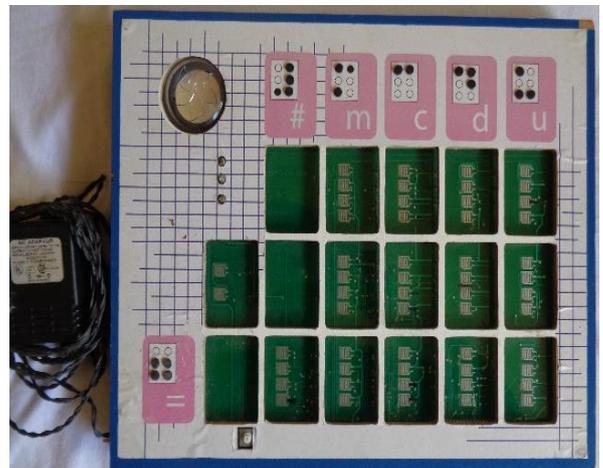


Fig. 1. Versión original del panel electrónico implementado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales [1].

II. SOBRE LA OPTIMIZACIÓN DEL PANEL ORIGINAL

A. Sobre la necesidad de optimizar el diseño original

Debido a los problemas presentados en el panel implementado se identificaron necesidades de optimización: disminución del volumen y peso de las fichas, integración de identificadores decimales y código Braille, reducción del desgaste de contactos en el circuito impreso, y diversificación en el uso de colores [1].

Conocidas las necesidades de optimización, se formularon 6 diferentes propuestas tecnológicas. En la primera opción se propuso conservar las características de funcionamiento del panel original e incorporar un switch de encendido y apagado. El usuario ingresa los operandos presionando los pulsadores ubicados en el tablero, tal como se muestra en la Fig.2. Luego, selecciona el operador matemático, e indica la respuesta expresada en unidades, decenas y centenas. Al oprimir el operador “igual” y la tecla “comprobar”, se escucha el mensaje “correcto” para una operación válida, o “incorrecto” para una operación errónea. El usuario puede resetear los pulsadores, para ejecutar la operación nuevamente.

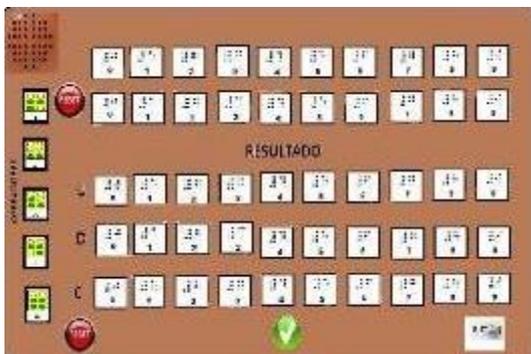


Fig. 2. Primera opción de optimización del panel electrónico implementado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales. [Autores].

En la segunda opción, se pretende llamar la atención de los niños para facilitar el aprendizaje, por lo que se utiliza un panel electrónico integrado a un oso de peluche. El panel opera de forma similar a lo descrito en el apartado anterior (ver Fig.3).



Fig. 3. Segunda opción de optimización del panel electrónico implementado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales. [Autores].

En la tercera opción se presenta un paradigma diferente al panel original, en el que dos jugadores participan identificándose cada uno de ellos con el color verde o azul respectivamente. Se utiliza un tablero con pulsadores (que contienen números entre uno y veinte), y tres dados (dos para los operandos y uno para las operaciones). El tablero y los dados están identificados con código braille. El jugador lanza los dados. El procedimiento y el resultado se ingresa en el tablero, y, se verifica la correcta ejecución (ver Fig.4).

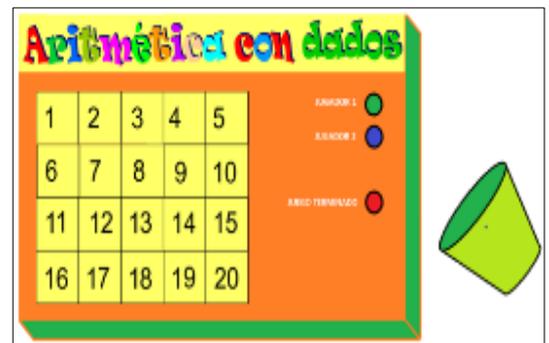


Fig.4. Tercera opción de optimización del panel electrónico implementado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales. [Autores].

En la cuarta opción, para iniciar se presiona el botón “inicio”, y el panel da a conocer, mediante audio, un número aleatorio. El usuario identifica dos operandos y una operación, que se ingresan al panel presionando los pulsadores del tablero. Si los operandos y la operación ingresada son correctos, se escuchará “correcto”, caso contrario se indicará “incorrecto”, y se generará un nuevo número aleatorio (ver Fig. 5).

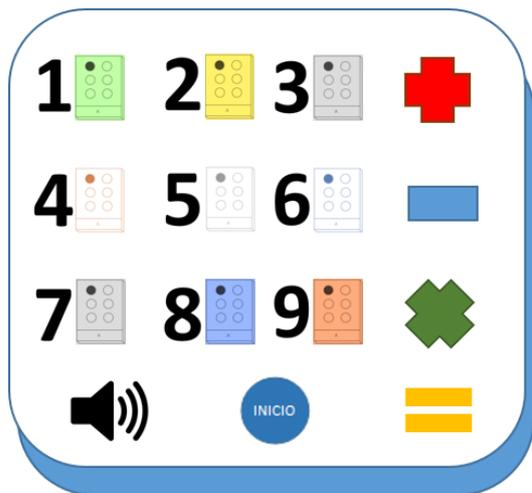


Fig. 5. Cuarta opción de optimización del panel electrónico implementado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales. [Autores].

La quinta opción se basa en el funcionamiento del juego “sudoku”, adaptándolo con numeración Braille (ver Fig. 6). Este juego utiliza una tabla de 9x9, compuesta por bloques denominados también subtablas de 3x3. Algunas celdas contienen números dados. El juego tiene por objetivo completar las celdas vacías, de forma tal que cada columna, fila, y región contenga números del 1 al 9 una sola vez. El tablero contendrá los botones “empezar” y “evaluar”. La rutina de comprobación terminará con un mensaje de “correcto” o “incorrecto”.

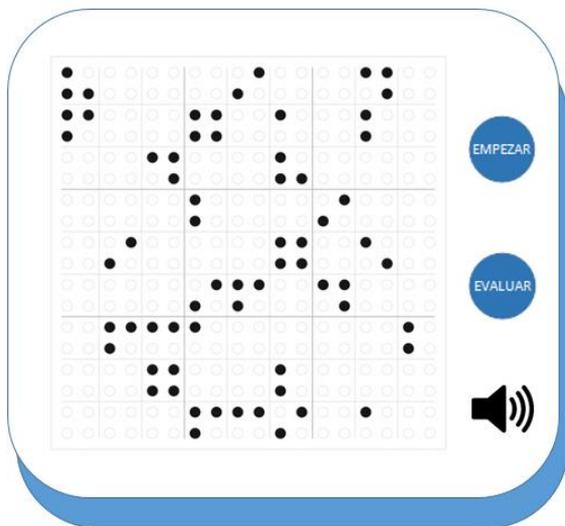


Fig. 6. Quinta opción de optimización del panel electrónico implementado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales. [Autores].

En la sexta opción se adapta fichas tipo LEGO al panel electrónico, con lo que se pretende reducir el desgaste prematuro de los contactos en los circuitos impresos. Se utiliza un tablero y diversas fichas (números y operaciones matemáticas). Las fichas se colocan en el tablero en la lógica: primer

operando, segundo operando, operación, solución, y, comprobación (ver Fig. 7).

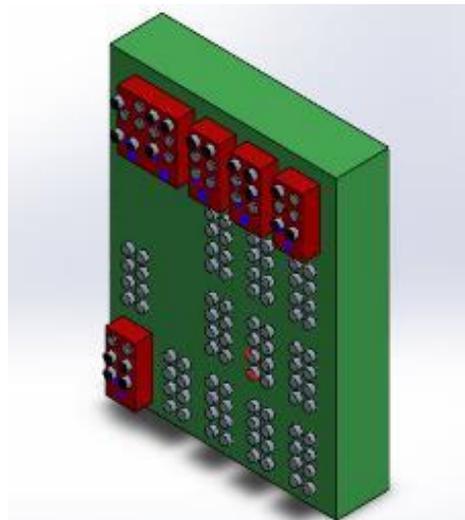


Fig. 7. Sexta opción de optimización del panel electrónico implementado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales. [Autores].

Las opciones señaladas se analizaron identificando potenciales inconvenientes de orden mecánico, y limitaciones en el número de cifras significativas de operandos y resultados. La Tabla 1 muestra las ventajas y desventajas de cada una de las opciones. Como resultado se seleccionó la sexta opción, considerando sobre todo la ampliación de las potencialidades en la enseñanza de las matemáticas que esta brinda.

TABLA 1.
ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS OPCIONES PRESENTADAS.
[AUTORES]

Opción	Ventajas	Desventajas
1	<ul style="list-style-type: none"> Elementos no móviles Se puede verificar que pulsadores están activados 	<ul style="list-style-type: none"> No se puede activar 2 pulsadores simultáneamente Desgaste prematuro Sistema mecánico complejo Gran tamaño
2	<ul style="list-style-type: none"> Elementos no móviles 	<ul style="list-style-type: none"> Desgaste prematuro Sistema mecánico complejo
3	<ul style="list-style-type: none"> Desgaste limitado 	<ul style="list-style-type: none"> Operación compleja
4	<ul style="list-style-type: none"> Desgaste limitado 	<ul style="list-style-type: none"> Operación compleja
5	<ul style="list-style-type: none"> Desgaste limitado 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema complejo Operación compleja
6	<ul style="list-style-type: none"> Desgaste limitado Manipulación intuitiva 	<ul style="list-style-type: none"> Operación compleja

B. Requerimientos generales para el diseño del nuevo panel

En el grupo beneficiario de este proyecto, existen menores con ceguera parcial por lo que se

consideró incluir en el diseño colores vivos. Además, se decidió incluir elementos estimulantes al tacto (codificación Braille) y al oído (sonidos “respuesta correcta” y “respuesta incorrecta”) [4], [5].

Al igual que en la versión original, el panel permitirá ejecutar las cuatro operaciones básicas (suma, resta, multiplicación y división). El panel constará de un tablero con una disposición de 5 columnas y 4 filas, y de una sección de encendido y sonorización, (ver Fig. 8).

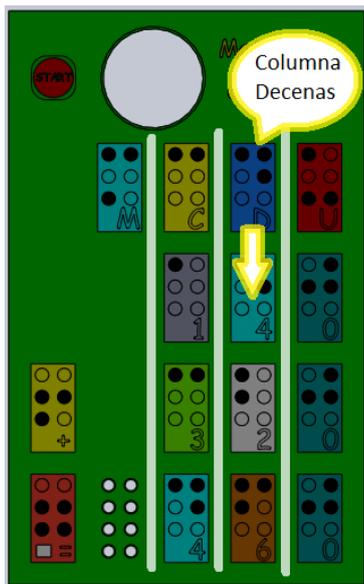


Fig. 8. Tablero del panel electrónico optimizado. [Autores]

Desde la derecha, las columnas del tablero permitirán ubicar las fichas correspondientes a unidades, decenas, centena, y miles. En la primera fila, en cada columna, permanecerán fijas las fichas que señalan el valor posicional de la columna.

En la última columna, a la izquierda del tablero, se ubicarán las fichas correspondientes a la operación aritmética a realizar (tercera fila desde arriba del tablero). En la posición quinta columna y cuarta fila, permanecerá fija la ficha de resultado de operación, construida sobre un pulsador.

En la sección de encendido y sonorización, ubicada en la parte superior del tablero, se encontrará el botón de inicio (START) y un parlante, que servirá para comunicar lo acertado o no de la operación efectuada.

Las fichas correspondientes a los operandos y al resultado, podrán ocupar exclusivamente posiciones predeterminadas en el tablero. La Fig.9 muestra el diseño del tablero, que corresponde al estándar de una pieza tipo LEGO.

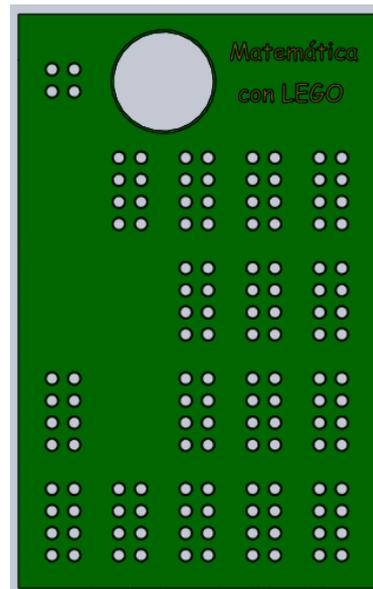


Fig. 9. Vista superior y lateral izquierda del tablero. [Autores]

En cada ficha de los operandos, se imprimirá el valor absoluto de la misma (de 0 a 9), en Braille (en la parte superior de la ficha) y en números arábigos (en la parte inferior de la ficha), tal como lo muestra la Fig.10.

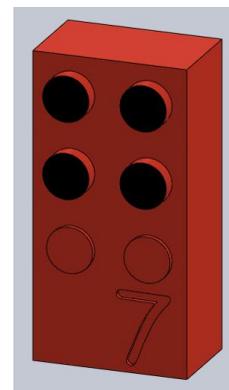


Fig. 10. Vista general de una ficha del tablero. [Autores]

La geometría de cada una de las fichas corresponde al estándar de una pieza LEGO (ver Fig. 11 a la 13).

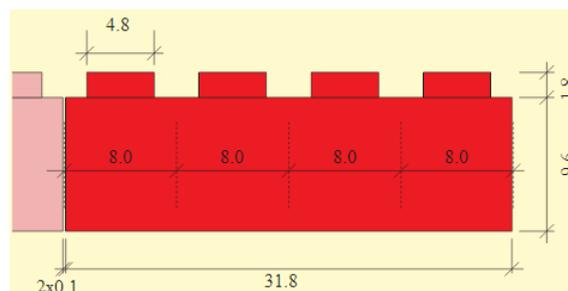


Fig. 11. Vista lateral derecha de una pieza LEGO 4 x 2, [6]

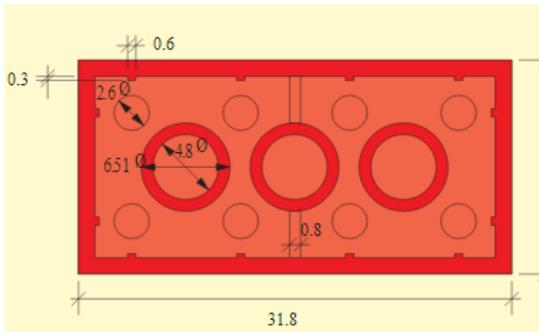


Fig. 12. Vista inferior de una pieza de LEGO 4 x 2, [6]

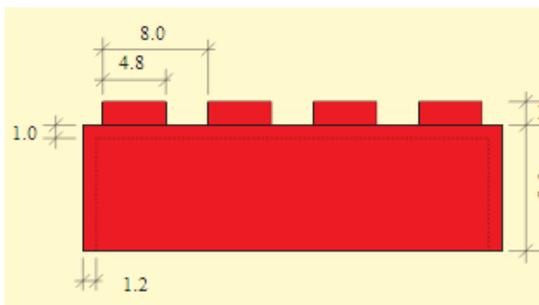


Fig. 13. Vista lateral izquierda de una pieza de LEGO 4 x 2, [6]

Adicionalmente, se diseñó fichas para las operaciones matemáticas básicas, y, para el reconocimiento de las posiciones. La Fig.14 muestra el ensamblaje de las fichas sobre el tablero.

En otro contexto, al beneficio que brinda las fichas tipo LEGO (múltiples combinaciones y las distintas estructuras que se logran crear con un grupo básico de piezas), se suma el desarrollo de habilidades motrices y la adquisición de conceptos espaciales, como volumen, tamaño y formas geométricas [7]. Los infantes se sienten atraídos por la idea de aprender divirtiéndose, condición totalmente válida para niños con capacidad visual especial, esta opción se propone adaptar fichas tipo lego en el panel electrónico. Al utilizar las fichas tipo lego se pretende reducir el desgaste prematuro de los contactos en los circuitos impresos en el bloque de control, de tal forma que el panel tenga durabilidad.

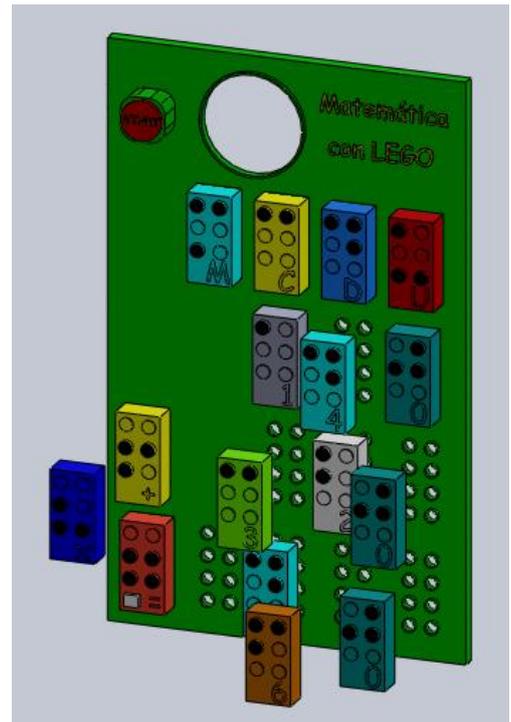


Fig. 14. Vista general del tablero y de las fichas. [Autores]

C. Diseño a detalle de las fichas a utilizar en el panel

Considerando el grado de desarrollo de la capacidad táctil en el grupo beneficiario del proyecto, y, los requerimientos de estética planteados por el equipo de trabajo, se decidió plantear al menos 4 posibles diseños de fichas, de entre las cuales se escogería la opción óptima.

Debido a la disponibilidad de software y equipos, se decidió imprimir las fichas en 3D, utilizando los recursos del aplicativo Solidworks [8], y, de la impresora 3D tipo Makerbot Replicator 2X [9].

Para seleccionar la opción óptima del diseño de las fichas a utilizar en el panel, se decidió someter las impresiones al análisis del grupo beneficiario del proyecto. Se trabajó con los niños del cuarto año de educación básica del “Instituto para Ciegos Byron Eguiguren”. Este grupo está conformado por 6 menores, de los cuales 3 tienen capacidad visual especial. A cada uno de los niños se le pidió manipular las diferentes fichas impresas, recogiendo sus impresiones. Adicionalmente, se solicitó una apreciación a la tutora del grupo, una docente con 15 años de experiencia en el Instituto. Como resultado se pudo inferir que la opción óptima está representada en una ficha con los cilindros significativos para la codificación Braille con perfil redondeado, y, con el número arábigo impreso en bajo relieve (ver Fig.15).

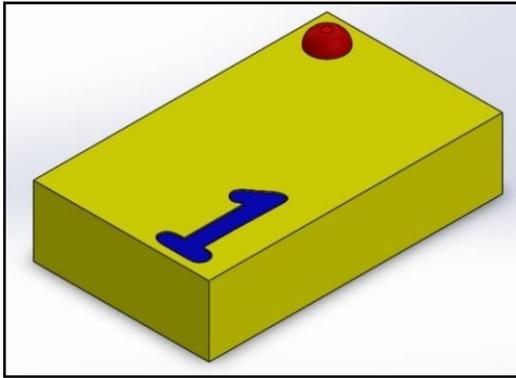


Fig. 15. Vista de planta de ficha seleccionada. [Autores].

D. Programación de la ingeniería de detalle del panel

Establecida la conceptualización y el diseño de fichas tipo LEGO del panel, se conformó cuatro grupos de trabajo, encargándoles el diseño e implementación del panel, el diseño e implementación del bloque de identificación electrónica de fichas, el diseño e implementación del algoritmo de control del panel, y, el análisis de resultados.

III. DISEÑO DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACION DE LA USABILIDAD DEL PROTOTIPO

A. Generalidades sobre el uso de juguetes en la enseñanza

La bibliografía [10] describe una relación cercana entre los juegos y el desarrollo de habilidades cognitivas, puesto que los juegos: 1) estimulan la atención y la memoria, ya que el niño debe centrarse en la situación de juego, en sus reglas y en su proceso; 2) desarrollan del rendimiento, ya que los niños se esfuerzan en comprender el proceso de juego; 3) estimulan la imaginación y la creatividad; y, 4) estimulan el pensamiento científico y matemático y la capacidad para resolver problemas, ya que muchas estrategias que sirven para analizar y explorar los juegos son las mismas que se utilizan ante situaciones lógico-matemáticas.

Por su parte, el uso de juguetes en el proceso de aprendizaje fortalece la práctica y motiva el interés. Para un aporte valioso, los juguetes deben cumplir con ciertos criterios pedagógicos, como los descritos en la bibliografía [11]: ser divertidos para incentivar el juego; de carácter global, polivalente, sencillo, abierto, con múltiples aplicaciones y combinaciones que soporten transformaciones; adaptados a las necesidades de los niños, respondiendo a sus intereses y a su experiencia, y facilitando la creación de intereses nuevos; aptos

para posibilitar el descubrimiento, la necesidad de exploración, la creatividad y la socialización, estimulando la participación y el contacto con los demás; con mecanismos e instrucciones comprensibles para los niños.

Al planear el uso de juguetes didácticos es necesario tener presente el esquema conceptual que, partiendo de las habilidades que se pretende desarrollar en los niños, facilite la construcción de objetos mentales basados en los símbolos que el lenguaje del juego pueda aportar [11].

Finalmente, se recomienda que el juguete didáctico además de cumplir con una funcionalidad práctica, sea estético, ergonómico y que utilice el embalaje adecuado. En términos pedagógicos se fomenta que el juguete transmita armonía, belleza y gozo estético.

B. Sobre la evaluación de la usabilidad del prototipo

Considerando la naturaleza del prototipo diseñado y el objetivo metodológico de su creación, en el marco de este proyecto se decidió evaluar los resultados del empleo del juguete didáctico en la enseñanza de matemáticas a los niños con capacidades visuales especiales, en términos de usabilidad.

De acuerdo a la norma ISO/IEC 9241, usabilidad es la efectividad, eficiencia y satisfacción con la que un producto permite alcanzar objetivos específicos a usuarios específicos, en un contexto de uso específico [12].

De acuerdo a [13], la usabilidad de juguetes de tipo tecnológico, es una cualidad abstracta que debe ser objetivizada a través de indicadores. En el marco de este proyecto, el equipo de trabajo utilizó la técnica de lluvia de ideas para identificar, priorizar y agrupar los posibles indicadores a utilizar. Como resultado se establecieron tres niveles básicos de indicadores: de diseño, de operatividad, y, de satisfacción.

La información existente en la bibliografía [14] - [20] permitió establecer un conjunto mínimo de indicadores adecuado a la realidad del proyecto. En el nivel de diseño se incluyeron los indicadores de caracterización del comportamiento de los usuarios, caracterización de la motivación de los usuarios, eficiencia y tasa de error (ver Tabla 2).

TABLA 2.
DESCRIPCIÓN DE LOS INDICADORES A UTILIZAR PARA EVALUAR
LA USABILIDAD DEL PROTOTIPO EN EL NIVEL DE DISEÑO.
[AUTORES]

Indicador	Descripción	Focos de interés
Caracterización de la motivación de los usuarios	Durante el diseño e implementación del prototipo se consideró los modelos curriculares y/o las políticas educativas	
Caracterización del comportamiento de los usuarios	Durante el diseño e implementación del prototipo se consideró la forma de pensar y actuar de los potenciales estudiantes	Creencias y preferencias. Barreras percibidas.
Eficiencia	Se refiere al número de transacciones por unidad de tiempo que el estudiante puede realizar usando el prototipo	
Tasa de error	Se refiere al número de errores cometidos por el estudiante mientras realiza una determinada tarea	

En el nivel de operatividad se encuentran los indicadores de recuerdo en el tiempo, funcionalidad, y, adaptabilidad (ver Tabla 3)

TABLA 3.
DESCRIPCIÓN DE LOS INDICADORES A UTILIZAR PARA EVALUAR
LA USABILIDAD DEL PROTOTIPO EN EL NIVEL DE OPERATIVIDAD.
[AUTORES]

Indicador	Descripción
Recuerdo en el tiempo	Se refiere al tiempo durante el cual el estudiante es capaz de recordar cómo funciona el prototipo, luego de una pausa en su utilización.
Funcionalidad	Se refiere a la calificación asignada por los estudiantes respecto a lo funcional que puede ser el prototipo para el grupo de estudiantes finales.
Adaptabilidad	Se refiere a las posibilidades de adaptar el uso del prototipo a una diversidad de estudiantes, sus niveles y al desarrollo de objetivos diferentes a los planteados originalmente.

En el nivel de satisfacción se incluye los indicadores de utilidad, facilidad de aprendizaje, e interactividad (ver Tabla 4)

TABLA 4.
DESCRIPCIÓN DE LOS INDICADORES A UTILIZAR PARA EVALUAR
LA USABILIDAD DEL PROTOTIPO EN EL NIVEL DE SATISFACCIÓN.
[AUTORES]

Indicador	Descripción
Utilidad	Se refiere a la calificación asignada por el estudiante respecto a cuán útil es el prototipo en comparación con otros medios pedagógicos utilizados en forma tradicional
Facilidad de aprendizaje	Se refiere al tiempo requerido para dominar la funcionalidad básica del prototipo (hardware y/o software) antes de ser capaz de realizar correctamente la tarea que desea el estudiante
Interactividad	Se refiere al grado de comunicación o interrelación entre el estudiante y el prototipo

IV. HERRAMIENTAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD DEL PROTOTIPO

A. Sobre la selección de herramientas a utilizar

Las Tablas 5, 6 y 7 describen la selección de herramientas para evaluar cada uno de los indicadores de usabilidad, en los niveles de diseño, operatividad y satisfacción. En cada tabla se describe el indicador, se señala la herramienta seleccionada, y se identifica al grupo involucrado que aportará para la evaluación.

TABLA 5.
HERRAMIENTAS SELECCIONADAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA
USABILIDAD DEL PROTOTIPO EN EL NIVEL DE DISEÑO. [DISEÑO
DE AUTORES].

Indicador	Herramienta seleccionada	Evaluación a criterio de
Caracterización de la motivación	Entrevista	Docentes
Caracterización del comportamiento	Entrevista	Docentes y estudiantes
Eficiencia	Lista de cortejo.	Estudiantes
Tasa de error	Escala de rango.	Estudiantes

TABLA 6.
HERRAMIENTAS SELECCIONADAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA
USABILIDAD DEL PROTOTIPO EN EL NIVEL DE OPERATIVIDAD.
[DISEÑO DE AUTORES].

Indicador	Herramienta seleccionada	Evaluación a criterio de
Recuerdo en el tiempo	Lista de cortejo, Test.	Estudiantes
Funcionalidad	Checklist	Estudiantes
Adaptabilidad	Checklist	Estudiantes y docentes

TABLA 7.
HERRAMIENTAS SELECCIONADAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA
USABILIDAD DEL PROTOTIPO EN EL NIVEL DE SATISFACCIÓN.
[DISEÑO DE AUTORES].

Indicador	Herramienta seleccionada	Evaluación a criterio de
Utilidad	Checklist	Estudiantes y docentes
Facilidad de aprendizaje	Escala de rango.	Estudiantes
Interactividad	Escala de Likert	Estudiantes

Se conoce como *entrevista* a un acto de comunicación oral, que se establece entre dos o más personas, con el fin de obtener una información o una opinión [21]. En este proyecto, se plantea aplicar una entrevista para recolectar información sobre la motivación de estudiantes, y el comportamiento de estudiantes.

Las *listas de cortejo* permiten registrar los patrones, que un hecho observado presenta a lo largo del tiempo [22]. En este proyecto, se plantea utilizar listas de verificación para recolectar información sobre eficiencia del prototipo, tasa de errores del prototipo, y recuerdo en el tiempo por parte del estudiante. Se plantea que el evaluador responda a las listas a diseñar, una vez que se haya realizado una demostración del funcionamiento del prototipo.

La *escala de rango* considera una serie de indicadores evaluados en una escala gradada, a la misma que puede ser numérica, literal, gráfica, o descriptiva [22]. En este proyecto, se utilizará esta herramienta para medir la tasa de errores y facilidad de aprendizaje.

Se conoce como *checklist* a un formato creado para realizar actividades repetitivas, controlar el cumplimiento de una lista de requisitos, o recolectar datos de forma ordenada y sistemáticamente [23]. En este proyecto, esta herramienta se destinó para ser utilizada en la medición de la funcionalidad, adaptabilidad y utilidad del prototipo.

La *escala de Likert* es de nivel ordinal y se caracteriza por ubicar una serie de frases seleccionadas en una escala con grados de acuerdo/desacuerdo. [24] En este proyecto, se designó utilizar esta herramienta para medir la interactividad, en la que se valorará el grado de comunicación o interrelación entre el estudiante y el prototipo.

La *observación* es un proceso que recoge información sobre un objeto, que contiene una etapa implícita de codificación en la que la información bruta seleccionada se traduce a un código [22]. En este proyecto, se aplicará la

observación para medir la eficiencia del prototipo, la tasa de errores del prototipo, el recuerdo en el tiempo por parte del estudiante, y la funcionalidad del prototipo.

El *Test* es una técnica derivada de la entrevista y la encuesta, tiene como objeto lograr información sobre rasgos definidos de la personalidad, la conducta o determinados comportamientos y características individuales o colectivas de la persona, a través de preguntas, actividades, manipulaciones, etc., que son observadas y evaluadas por el investigador.[6] En el actual proyecto se destinó utilizar el test para la recolección de datos acerca del recuerdo en el tiempo.

En la Fig.16 se puntualiza el proceso a seguir con la finalidad de lograr definir si el prototipo cumple con todas las condiciones y expectativas que se planteó originalmente

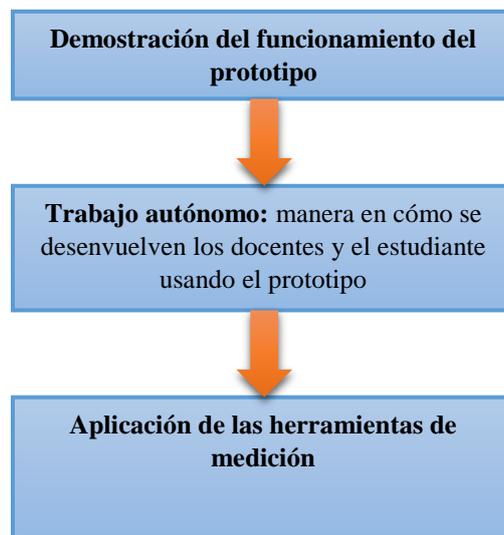


Fig. 16. Proceso a seguir para la evaluación del prototipo [Diseño de los Autores]

B. Herramientas para la medición de la usabilidad en el nivel de diseño

Para determinar el *nivel de caracterización de la motivación de usuarios durante el diseño del prototipo*, se aplicará una entrevista a docentes, planteando al menos dos interrogantes: ¿considera Usted qué se puede utilizar el prototipo diseñado en la enseñanza de operaciones matemáticas básicas?, y, ¿considera Usted que el uso del prototipo en la enseñanza cumple con las exigencias y expectativas planteadas en el modelo curricular utilizado en la institución, y en las políticas educativas de inclusión? Complementariamente, se solicitará a los entrevistados ampliar sus puntos de vista respecto a las interrogantes planteadas.

información base señala que el tiempo requerido por un estudiante promedio para aprender a utilizar un ábaco es de 20 min. Desde esta perspectiva, se considerará que la facilidad de aprendizaje del prototipo es sobresaliente (S) si el tiempo de aprendizaje es menor a 20 min, aceptable (A) si es el mismo, y mala (M) si es mayor. Para medir el tiempo requerido en el aprendizaje se aplicará el mismo test diseñado para evaluar el recuerdo en el tiempo del prototipo, y se considerara que el estudiante “aprendió” cuando se observe que el estudiante ya no comete errores operativos en el uso del prototipo.

Escala de valoración: Satisfactorio (2) Bueno (1) Mala (0) Condiciones : Satisfactorio (Si es menor a 20 min) Aceptable (Si es igual a 20 min) Mala (Si es mayor a 20 min)				
Alumno	Tiempo requerido para aprender a utilizar el prototipo	0	1	2
OBSERVACIONES:				

Fig.23. Escala de rango para evaluar la facilidad de aprendizaje del prototipo. [Diseño de los Autores]

Para medir la *interactividad del prototipo* se utilizará la escala de Likert mostrada en la Fig.24, que incluye 8 ítems. Se valorará la experiencia del estudiante tras la manipulación del prototipo basándonos en parámetros como la espacialización, identificación por medio del tacto, señalización luminosa, señalización sonora y aporte del prototipo al aprendizaje. La respuesta a las preguntas planteadas se ponderaran con 0 puntos para “desacuerdo”, 1 punto para “indeciso”, y 2 puntos para “de acuerdo”. La interactividad se considerará sobresaliente (S) si la suma de ponderaciones se encuentra en el rango entre 10 y 14 puntos, aceptable (A) si esta entre 5 y 9 puntos, y mala (M) si es inferior a 4 puntos.

Sobresaliente (10-14), Aceptable (5-9), Mala(0-4) De acuerdo (DA)=2pts; Indeciso (I)=1pts; Desacuerdo (D)=0pts				
Parámetro	Descripción	DA	I	D
Espacialización de las operaciones matemáticas	La señalización en código Braille existente en el panel, facilita la ubicación de las fichas en las columnas correspondientes a unidades, decenas, centenas.			
Identificación de fichas	La señalización en código Braille existente en las fichas facilita su identificación			
Señalización luminosa	Las señales luminosas emitidas por el prototipo son de fácil comprensión y / o aportan información valiosa al usuario			
Señalización sonora	Las señales sonoras emitidas por el prototipo son de fácil comprensión y / o aportan información valiosa al usuario			
Aporte del prototipo al aprendizaje	La utilización del prototipo resulta amena y divertida			
	Utilizar el prototipo resulta más interesante que usar otras herramientas			
	El prototipo realmente apoya en el aprendizaje de las operaciones matemáticas básicas.			
TOTAL				

Fig.24. Escala de Likert para la evaluación de la interactividad del prototipo. [Diseño de los Autores]

V. CONCLUSIONES

- Se analizó 6 opciones de optimización del panel electrónico implementado, identificando como óptima a la que propone la adopción de fichas tipo LEGO, considerando sus ventajas y desventajas, pero sobre todo la ampliación de las potencialidades de enseñanza de matemáticas.
- Considerando el grado de desarrollo de la capacidad táctil en el grupo beneficiario del proyecto, y, los requerimientos de estética planteados por el equipo de trabajo, se decidió plantear al menos 4 posibles diseños de fichas tipo LEGO a utilizar en el panel (operandos, operadores, y, referencias de posición), de entre las cuales se escogería la opción óptima.
- Como resultado de este trabajo se ha establecido el abordaje metodológico y se han construido las herramientas y métrica necesarias para evaluar la usabilidad del prototipo diseñado, en términos de diseño, operatividad y satisfacción de usuarios.

VI. REFERENCIAS

- [1] Diseño del Material Didáctico Matemático y Discapacidad Visual en niños de Educación Básica [en línea]. Disponible en <http://memorias.utpl.edu.ec/sites/default/files/documentacion/artef2013/utpl-diseno-material-didactico-matematico.pdf>
- [2] Bermeo. Figueroa. Lima. Ochoa. Peña. Romero. Jaramillo, «Análisis de opciones de optimización de un panel electrónico diseñado para enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidades visuales especiales,» Loja, 2014.
- [3] Bermeo. Figueroa. Lima. Ochoa. Peña. Romero. Jaramillo, «Diseño de un panel electrónico para la enseñanza de operaciones matemáticas básicas a niños con capacidad visual especial, basado en la utilización de fichas tipo LEGO,» Loja, 2014.
- [4] “Los niños ciegos y su educación”, [en línea]. Consultado 2014-03-11 URL: http://caterina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lda/artega_j_g/capitulo2.pdf
- [5] FERNÁNDEZ DEL CAMPO, José Enrique. “Braille y Matemática” [en línea]. Consultado 2014-03-04. URL: http://sid.usal.es/docs/f8/fdo10191/braille_y_matematica.pdf
- [6] “Dimensiones de LEGO” [en línea]. Consultado 2014-03-15 URL: <http://www.robertcailliau.eu/Lego/Dimensions/zMeasurements-en.xhtml>
- [7] “Educación con LEGO” [en línea]. Consultado 2014-03-15. URL: <http://education.lego.com/en-us/lego-education-product-database/preschool/9027-lego-duplo-brick-set>
- [8] “SOLIDWORKS, Software de diseño CAD en 3D” [en línea]. Consultado 2015-06-8. URL: <http://www.solidworks.com>
- [9] “Makerbot, Replicator 2” [en línea]. Consultado 2015-06-8. URL: <http://store.makerbot.com/replicator2x>.

- [10] FBEJARANO GONZÁLEZ Fátima, “Los juguetes como recursos didácticos” [en línea]. Consultado 2015-06-18. URL: <http://www.eumed.net/rev/ced/03/fbg2.htm>.
- [11] BAÑUELOS Capistrán Jacob, “Aplicación de la semiótica a los procesos del diseño” [en línea]. Consultado 2015-06-22. URL: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/141028.pdf>
- [12] LUJAN Mora Sergio, “Usabilidad: principios básicos” [en línea]. Consultado 2015-07-09. URL: <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/26499/1/Usabilidad%20web%20-%20Principios%20b%C3%A1sicos.pdf>
- [13] BAUTISTA VALLEJO José Manuel, “Criterios Didácticos en el diseño de materiales y juegos en Educación Infantil y Primaria” [en línea]. Consultado 2015-06-14. URL: <http://www.uhu.es/agora/version01/digital/numeros/02/02-articulos/miscelanea/bautista.PDF>
- [14] “Informe Proyecto Pertinencia y condiciones facilitadoras del uso de Ambientes Inmersivos Virtuales para mediar procesos de aprendizaje colaborativo, en un caso de la asignatura de Ética y Colombia Realidad e Instituciones Políticas CRIP” [en línea]. Consultado 2015-06-17. URL: http://www.urosario.edu.co/CGTIC/Documentos/informeFinal_MVI_ECL_UR.pdf.
- [15] GONZÁLEZ BOLEA Lorenzo, CARMONA CALVO Miguel Ángel, RIVAS ZAPATA Miguel Ángel, “Guía para la medición directa de la satisfacción de los clientes” [en línea]. Consultado 2015-07-21. URL: <http://excelencia.iat.es/files/2012/08/2007.Guia-clientes.pdf>
- [16] “Medición de la satisfacción de las familias usuarias de la Fundación INTEGRAL” [en línea]. Consultado 2015-07-28. URL: http://web.integra.cl/doctos_cedoc/archivos/documentos/Informe%20Final%20Satisfaccion%20Usuarios%202010.pdf
- [17] “Principios Básicos de Usabilidad para Ingenieros Software” [en línea]. Consultado 2015-07-29. URL: <http://www.eici.ucm.cl/Academicos/ygomez/descargas/calidad/usabilidad.pdf>
- [18] “Juego, juguetes y discapacidad” [en línea]. Consultado 2015-07-30. URL: <http://www.pasoapaso.com.ve/index.php/temas/ocio-y-tiempo-libre/item/2690-juego-juguetes-y-discapacidad>.
- [19] ACALLE Alberto, “Funcionalidad no es usabilidad” [en línea]. Consultado 2015-08-28. URL: <http://www.albertolacalle.com/hci/funcionalidad-usabilidad.htm>
- [20] “Juegos juguetes y discapacidad, La importancia del diseño Universal” [en línea]. Consultado 2015-08-19. URL: <http://educacion.once.es/appdocumentos/educa/prod/folleto%20AIJU.pdf>
- [21] “La entrevista” [en línea]. 2016-01-10. URL: http://www.materialesdelengua.org/EXPERIENCIAS/PRENSA/f_entrevista_web.pdf
- [22] “Escala de Rango” [en línea]. Consultado 2016-01-10. URL: <http://es.scribd.com/doc/114386401/ESCALA-DE-CALIFICACION-O-DE-RANGO#scribd>
- [23] “Checklist / Listas de chequeo: ¿Qué es un Checklist y cómo usarlo?” [en línea]. Consultado 2016-01-10. URL: <http://www.pdcahome.com/check-list/>
- [24] “Escala de Likert” [en línea]. Consultado 2016-01-10. URL: http://www.ict.edu.mx/acervo_bibliotecologia_escalas_Escala%20de%20Likert.pdf
- [25] “Norma ISO-9126 para análisis de software” [en línea]. Consultado 2016-02-16. URL: http://www.cuatrorios.org/index.php?option=com_content&view=article&id=163:norma-iso-9126-para-an%C3%A1lisis-de-software&catid=39:blogsfeeds

ESCALA DE RANGO PARA LA EVALUACIÓN DE LA TASA DE ERRORES

Tiempo de observación: 45 min				
<p>Escala de valoración: Satisfactorio (2) Bueno (1) Mala (0)</p> <p>Condiciones : Satisfactorio (errores son menores a: 5 sumas, 5 restas y 4 multiplicaciones) Aceptable (errores son iguales a: 5 sumas, 5 restas y 4 multiplicaciones) Mala (errores son mayores a: 5 sumas, 5 restas y 4 multiplicaciones)</p>				
Aspectos observados	Número de errores	0	1	2
Sumas realizadas en el tiempo establecido.				
Restas realizadas en el tiempo establecido.				
Multiplicación realizada en el tiempo establecido.				
OBSERVACIONES				

TEST PARA LA EVALUACIÓN DEL RECUERDO EN EL TIEMPO

Nombre: _____

Fecha: _____

Realizar las siguientes operaciones de suma, utilizando el prototipo

	C	D	U	
+		1	0	
		 	 	
=				   

	C	D	U	
+			9	
			 	
=				   

	C	D	U	
+			7	
			 	
=				   

	C	D	U	
+		1	3	
			 	
=				   

	C	D	U	
+		1	2	
		 	 	
=				   

Resultado de la suma: _____

Realizar las siguientes operaciones de resta, utilizando el prototipo

	C	D	U
-			9
○ ○			● ●
○ ○			○ ○
● ●			4
○ ○			○ ○
○ ○			○ ○
=			
○ ○			
○ ○			
○ ○			
○ ○			

	C	D	U
-			2 0
○ ○		● ●	○ ●
○ ○		○ ○	○ ○
● ●		○ ○	○ ○
○ ○		1	3
○ ○		○ ○	○ ○
○ ○			○ ○
=			
○ ○			
○ ○			
○ ○			
○ ○			

	C	D	U
-			1 7
○ ○		● ●	○ ●
○ ○		○ ○	○ ○
○ ○		○ ○	○ ○
● ●			5
○ ○			○ ○
○ ○			○ ○
=			
○ ○			
○ ○			
○ ○			
○ ○			

	C	D	U
-			1 5
○ ○		● ●	○ ●
○ ○		○ ○	○ ○
○ ○		○ ○	○ ○
● ●			7
○ ○			○ ○
○ ○			○ ○
=			
○ ○			
○ ○			
○ ○			
○ ○			

	C	D	U
-			8
○ ○			● ●
○ ○			○ ○
○ ○			○ ○
● ●			4
○ ○			○ ○
○ ○			○ ○
=			
○ ○			
○ ○			
○ ○			
○ ○			

Resultado de la resta:

Realizar las siguientes operaciones de multiplicación, utilizando el prototipo

C D U

x

9

=

C D U

x

5

=

C D U

x

2

=

C D U

x

7

=

Resultado de la multiplicación:

Resultado total:

CHECKLIST PARA LA EVALUACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DEL PROTOTIPO

Nombre:	Fecha:	
Sobresaliente (8-10) ; Aceptable (5-7) ;Mala(0-4)	Inspector:	
	Si (1)	No (0)
7. Aprendizaje y comprensión		
Sumar es una operación sencilla de realizar en el prototipo		
Restar es una operación sencilla de realizar en el prototipo		
Multiplicar es una operación sencilla de realizar en el prototipo		
8. Operatividad		
Los sonidos se escuchan claramente		
El relieve de las fichas es el adecuado.		
Las fichas no se desarman fácilmente.		
9. Atractividad		
Las fichas son fácilmente manipulables		
Los sonidos emitidos por el prototipo son agradables		
El trabajo con el prototipo es agradable		
Existe el deseo de volver a utilizar el prototipo		
TOTAL		
Observaciones		

CHECKLIST PARA LA ADAPTABILIDAD DEL PROTOTIPO

Nombre:	Fecha:	
Sobresaliente (6-8) ; Aceptable (3-5) ;Mala(0-2)	Inspector:	
	De acuerdo (1)	Desacuerdo (0)
1. Riesgos		
No se identificaron objetos corto punzantes		
No existe presencia de choques eléctricos		
No existe riesgo de asfixia por ingesta de objetos pequeños		
El material del prototipo no es nocivo para los niños.		
2. Aporte		
El prototipo cumple con el plan de aprendizaje.		
El prototipo aporta de manera positiva al aprendizaje del niño.		
3. Versátil		
Se utiliza el prototipo para otras actividades académicas.		
El prototipo se adapta a las necesidades de los niños.		
TOTAL		
Observaciones		

CHECKLIST PARA LA UTILIDAD DEL PROTOTIPO

Nombre:	Fecha:	
Sobresaliente (3) ; Aceptable (2) ;Mala(0-1)	Inspector:	
	Si (1)	No (0)
El uso del prototipo no presenta dificultades		
El prototipo captó tu atención (estudiante)		
El prototipo captó de manera positiva la atención del estudiante (observador)		
TOTAL		
Observaciones		

ESCALA DE LIKERT PARA LA EVALUACIÓN DE LA INTERACTIVIDAD

<p align="center"> Sobresaliente (10-14) Aceptable (5-9) Mala(0-4) De acuerdo (DA)=2pts; Indeciso (I)=1pts; Desacuerdo (D)=0pts </p>				
Parámetro	Descripción	DA	I	D
Espacialización de las operaciones matemáticas	La señalización en código Braille existente en el panel, facilita la ubicación de las fichas en las columnas correspondientes a unidades, decenas, centenas.			
Identificación de fichas	La señalización en código Braille existente en las fichas facilita su identificación			
Señalización luminosa	Las señales luminosas emitidas por el prototipo son de fácil comprensión y / o aportan información valiosa al usuario			
Señalización sonora	Las señales sonoras emitidas por el prototipo son de fácil comprensión y / o aportan información valiosa al usuario			
Aporte del prototipo al aprendizaje	La utilización del prototipo resulta amena y divertida			
	Utilizar el prototipo resulta más interesante que usar otras herramientas			
	El prototipo realmente apoya en el aprendizaje de las operaciones matemáticas básicas.			
TOTAL				