

Aportes al desarrollo de dispositivos de interacción tangible en espacio próximo.

Tesis de grado en Diseño Industrial

Autor: Br. Gustavo Sansone
Tutora: Ing. María Pascale
Co-tutor: Dr. Fernando González Perilli
Fecha: Diciembre 2019



Escuela Universitaria
Centro de Diseño



Facultad de Arquitectura,
Diseño y Urbanismo
UDELAR



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Aportes al desarrollo de dispositivos de interacción tangible en espacio próximo.

Tesis de grado en Diseño Industrial

Autor: Br. Gustavo Sansone

Tutora: Mgtr. María Pascale

Co-tutor: Dr. Fernando González Perilli

Escuela Universitaria Centro de Diseño

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo

Universidad de la República

Diciembre de 2019

MONTEVIDEO, URUGUAY

Agradecimientos

Instituciones

UDELAR: Escuela Universitaria Centro de Diseño, Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo, Facultad de Ingeniería, Facultad de Psicología, Espacio Interdisciplinario.

Otras instituciones: Fundación Ceibal y Agencia Nacional de Innovación e Investigación.

Mesa evaluadora

Carolina Poradosú, Fernando González, Ana Pires, María Pascale.

Equipo de investigadores del proyecto CETA

En especial a: Fernando González, Ana Pires, Bruno Fleischer, Ewelina Bakala, Sebastián Marichal, Fulvio Capurso, Rita Soria, María Pascale.

Apoyos para fabricación digital

FabLab FADU, Taller de Robótica educativa FING, Hacklab EUCD, Laboratorio de fabricación digital PTIC/EUCD, Cooperativa Delejido.

Equipo docente del área teórico-metodológica de la EUCD

En especial a: Rita Soria, María Pascale, Silvia Díaz, Daniela Volpe, Mariana Rodriguez, Virginia Amengual.

Niños, Niñas, Maestras de 1ro y Directoras

Escuela N°95 “Unión Europea” del barrio La Boyada, Escuela N°32 “Simón Bolívar”, Escuela N°28 “República de Panamá” y Colegio Saint Georges School.

A mi familia y amigos, por el apoyo y aliento durante todo el proceso.

Índice

Resumen del proyecto	6
Capítulo 1 - Introducción	8
1.1 El tema de estudio	9
1.2 Participación de la EUCD en el proyecto.	10
1.3 Objetivos	11
1.4 Metodología: Diseño Centrado en el Usuario (DCU)	11
1.5 Plan de trabajo	12
Capítulo 2 - Marco teórico	13
2.1 Interacción Persona-Ordenador (IPO)	14
2.1.1 Usabilidad y jugabilidad	15
2.2 Aspectos Humanos	17
2.2.1 Punto de vista cognitivo	17
2.2.2 Manipulables y aprendizaje de matemáticas	18
2.2.3 Competencias numéricas tempranas	19
2.3 Interacción Tangible de Usuario (ITU)	20
2.4 Prototipos y evaluaciones	23
2.5 Marco normativo	24
Capítulo 3 - Metodología	26
3.1 Fase 0. Estudios preliminares	28
3.1.1 Análisis de Usuarios	28
3.1.2 Prueba de usabilidad - OSMO	30
3.2 Fase 1. Prueba de concepto.	47
3.2.1 Ideación	47
3.2.2 Desarrollo	50
Exploración de alternativas tangibles	50
Espejo y soporte	54
3.2.3 Evaluación	55
Técnicas utilizadas	55
Protocolo de evaluación	56
Aspectos evaluados	56
Resultados y observaciones	56
3.3 Fase 2. Piloto	59
3.3.1 Ideación	59
Marcadores	59
Soporte para la tablet	60
3.3.2 Desarrollo	61
Piezas y marcadores gráficos (indicadores)	62
Soporte	62
Aspectos productivos	64
3.3.3 Evaluación	65
Técnicas utilizadas	65
Protocolo de evaluación	66

Aspectos evaluados	66
Resultados	67
3.4 Fase 3. Experimental	68
3.4.1 Ideación	68
3.4.2 Desarrollo	69
Aspectos visuales	69
Piezas tangibles	70
Soporte para tablet y espejo	72
Diseño final del dispositivo ITU	77
Desarrollo del videojuego BrUNO	78
Aspectos comunicacionales	81
3.4.3 Evaluación	83
Sesiones de evaluación	84
Diseño del dispositivo	85
Experiencia de los usuarios	86
Interacción con el dispositivo	87
Capítulo 4 - Resultados	89
4.1 Desarrollo del dispositivo	90
4.2 Videojuego BrUNO	91
4.3 Evaluaciones	91
4.4 Presentaciones del proyecto y producción académica	92
Capítulo 5 - Proyectos derivados	94
5.1 Proyecto: Tecnología para la inclusión. Nuevas herramientas para el aula en educación especial.	95
5.1.1 Adaptación de CETA a iCETA	96
Componentes tangibles	96
Videojuego: Logarín	101
5.1.2 Evaluaciones	102
5.2 Propuesta: Grupo Interdisciplinario CETA, interacción tangible	105
5.3 Propuesta para desarrollo futuro	106
5.3.1 Diseño de dispositivo	106
Soporte de tablet	107
Soporte de espejo	108
Manipulables	109
Bolsa de transporte / guardado	110
5.3.2 Dinámica de clase	111
Capítulo 6 - Conclusiones	112
6.1 Sobre el cumplimiento de los objetivos	113
6.1.1 Objetivo general	113
6.1.2 Objetivos específicos	113
6.2 Reflexiones finales	115
Referencias / Bibliografía	117
Anexos	120

Resumen del proyecto

El presente trabajo se enmarca dentro del proyecto interdisciplinario "Ceibal Tangible. Nuevas formas de interacción para el aprendizaje" (financiación ANII - FSED 2015) propuesto por investigadores del Núcleo Interdisciplinario en Interacción Hombre Computadora (NICHI) del Espacio Interdisciplinario de la Universidad de la República, y que tuvo lugar entre 2015 y 2018.

A partir del aporte de conocimientos provenientes de la disciplina del diseño industrial se trabajó en el desarrollo del dispositivo de interacción tangible CETA. Como resultado se obtuvo una herramienta accesible y de código abierto que permite a los usuarios interactuar con las tablets distribuidas por el Plan Ceibal, mediante la manipulación de objetos físicos.

El desarrollo del dispositivo estuvo basado en la metodología de Diseño Centrado en el Usuario. Durante sucesivas iteraciones se trabajó con niños, maestros y distintos especialistas de la comunidad educativa. El foco principal de este trabajo estuvo en las evaluaciones de usabilidad y experiencia de usuario, así como también en el diseño y desarrollo de los prototipos que permitieron realizar al equipo de investigadores una serie de evaluaciones de desempeño en matemáticas.

Para poder utilizar y evaluar esta modalidad de interacción se desarrolló un videojuego de estimulación cognitiva de las habilidades matemáticas y se realizaron intervenciones en escuelas públicas de Montevideo, en las que el equipo de investigadores evaluó el desempeño en matemáticas con un total de 65 niños y niñas. Los resultados de las evaluaciones sugieren que existió una mejora en matemáticas de los niños que utilizaron el videojuego desarrollado. A su vez, estos resultados motivaron un nuevo proyecto derivado en el que se exploró el uso de esta modalidad de interacción con niños ciegos y de baja visión; y por otro lado sentaron un antecedente que permitió continuar investigando en cuanto a la interacción tangible y sus beneficios para el aula.

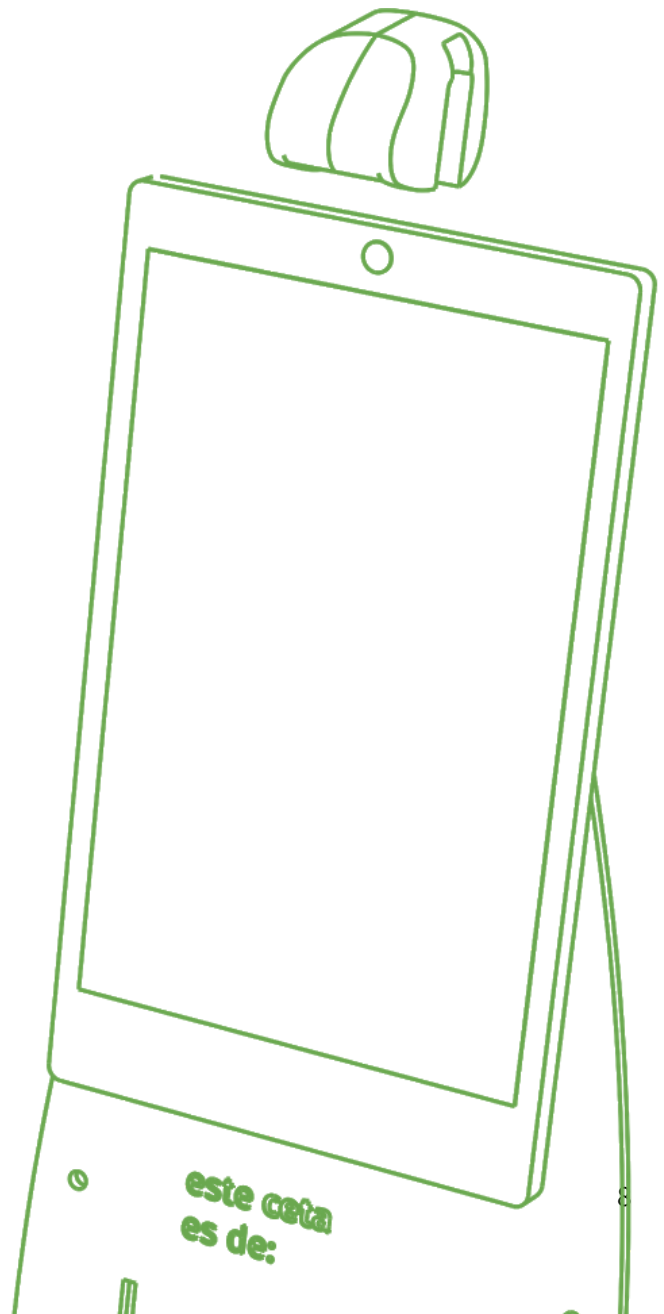
Finalmente, se propone un diseño de código abierto orientado a construir una plataforma de interacción que permita en un futuro su adopción por parte de niños y niñas, educadores y familias de nuestra comunidad educativa, tanto en entornos institucionales como familiares.

Capítulo 1

Introducción

Contenido

- 1.1. El tema de estudio.
- 1.2. Participación de la EUCD en el proyecto.
- 1.3. Objetivos
- 1.4. Metodología
- 1.5. Plan de trabajo



1.1 El tema de estudio

El proyecto interdisciplinario "Educación Tangible. Nuevas formas de interacción para el aprendizaje" (financiación ANII - FSED 2015) propone la integración de materiales concretos (manipulables físicos tradicionales) en un sistema de interacción denominado CETA.

Dicho sistema se compone por un dispositivo de Interacción Tangible de Usuario y un videojuego orientado a la estimulación del aprendizaje del concepto de número. Para el desarrollo se utilizó la metodología de Diseño Centrado en el Usuario y se realizaron evaluaciones en Escuelas públicas de Montevideo.

El equipo que llevó adelante el proyecto está compuesto por docentes investigadores y estudiantes de Facultad de Psicología, Facultad de Ingeniería, Facultad de Información y Comunicación y la Escuela Universitaria Centro de Diseño a través del Espacio de Integración Abierto.

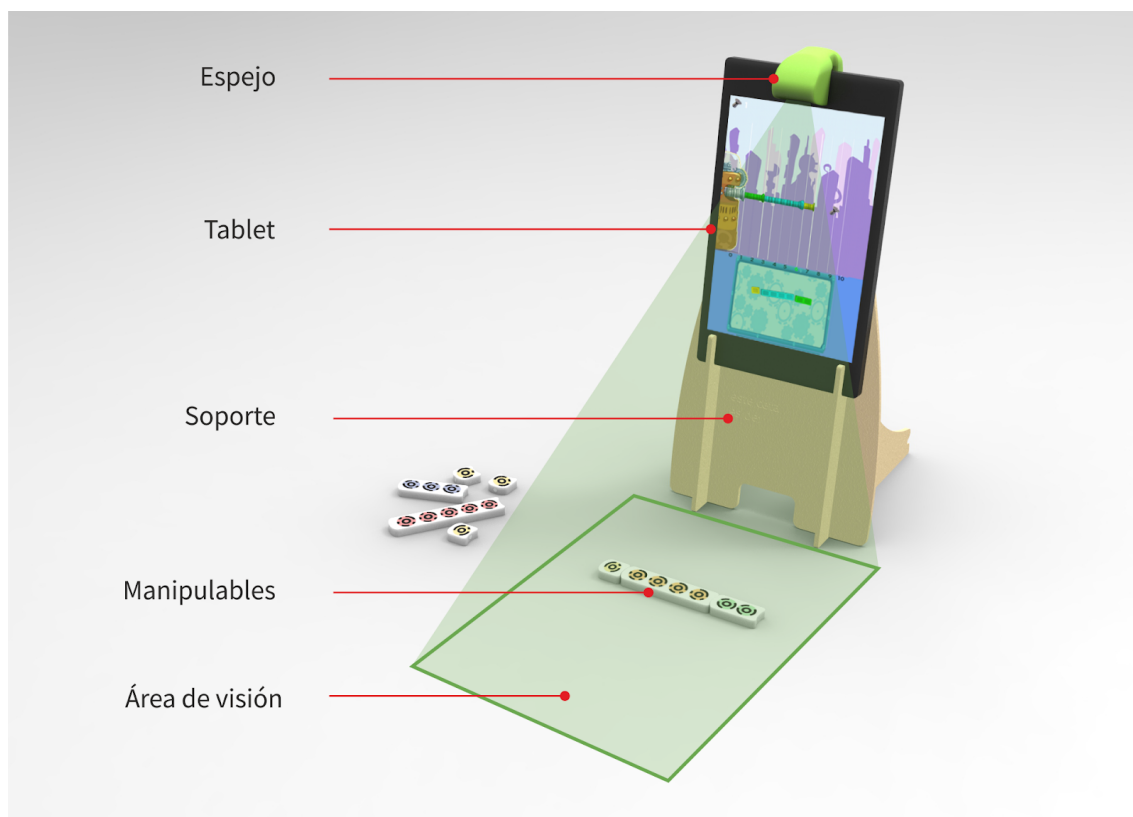


Imagen 1. Dispositivo CETA y aplicación "BrUNO"

1.2 Participación de la EUCD en el proyecto.

Para abordar los diversos requisitos de diseño que suponía el desarrollo de CETA, se integraron docentes investigadores del Área teórico-metodológica de la EUCD, a través del Laboratorio de Ergonomía y Experiencia de usuario.

Desde el equipo de diseño se realizaron aportes específicos a lo largo de todas las etapas del proyecto. Como se mencionó anteriormente se trabajó con la metodología DCU. En este sentido se realizaron aportes en la elaboración de pruebas de usabilidad -diseño previo, ejecución, observación, registro y procesamiento de datos- para la formulación de requisitos de diseño que sirvieron como insumos para las otras disciplinas involucradas en el proyecto.

En cuanto al dispositivo, se diseñaron los elementos físicos que componen CETA, prestando especial atención a la ergonomía física y cognitiva. Para ello, se tuvieron en cuenta características antropométricas, biomecánicas y cognitivas de los usuarios para proyectar las distintas componentes.

Para validar lo anterior, se desarrollaron modelos de control, simuladores y prototipos para observar los distintos aspectos ergonómicos involucrados al momento de la interacción con el dispositivo. Se prestó especial atención a las posturas y movimientos realizados por el usuario, así como a los factores ambientales, las condiciones del espacio en el que se utilizará el dispositivo, las condiciones de iluminación para que funcione el sistema de visión por computador y los distintos contextos de uso.

También fue tarea del equipo de diseño la fabricación de los prototipos para la intervención final en la Escuela Pública. En esta instancia se brindó asistencia al equipo de psicología durante la evaluación matemática.

Para las tareas anteriores se contó con los aportes teóricos y metodológicos manejados en el transcurso de la carrera y en especial en el Laboratorio de Evaluación Ergonómica y de Experiencia de Usuario.

1.3 Objetivos

Objetivo general

Diseño y desarrollo de los componentes de CETA junto al equipo de investigadores.

Objetivos específicos

- Diseño de los componentes físicos de CETA -soportes y piezas tangibles- utilizando la metodología DCU.
- Participación en el diseño de interacción, con un enfoque ergonómico y de experiencia de usuario.
- Fabricación de prototipos para la fase experimental.

1.4 Metodología: Diseño Centrado en el Usuario (DCU)

El Diseño Centrado en Usuario¹ (DCU) se caracteriza por: la participación activa de los usuarios y una comprensión clara de los requisitos del usuario y la tarea; una asignación apropiada de función entre los usuarios y la tecnología; la iteración de soluciones de diseño; diseño multidisciplinario (ISO 13407).

El desarrollo del proyecto se realizó en fases iterativas. Cada fase comprendió el análisis de requisitos del usuario y tareas, diseño de modelos y evaluaciones con el usuario.

Se elaboraron pruebas de concepto para validar las ideas iniciales con niños y maestros -futuros usuarios del dispositivo- en su contexto real -escuela pública-. A partir de los datos recabados se elaboraron modelos y prototipos que fueron puestos a prueba nuevamente con los usuarios para volver a observar y evaluar (por ej. se observó que algunos niños presentaban dificultades para reconocer correctamente el área de detección sobre la mesa, lo cual llevó a probar con plantillas delimitadas en el área de trabajo en la siguiente fase; por otro lado, se observó que algunos niños resolvían los desafíos muy rápido, lo que llevó a revisar la dificultad del juego y ampliar los niveles y desafíos).

¹ NORMAN, Donald A. *La psicología de los objetos cotidianos*. Editorial Nerea, 1998.

1.5 Plan de trabajo

Etapa de investigación

Revisión bibliográfica y familiarización con perspectivas de las distintas disciplinas del proyecto.

Fase 0. Análisis de antecedentes

Revisión de antecedentes; Evaluación de dispositivo Osmo.

Fase 1. Pruebas de concepto

Desarrollo de las tareas y la definición de los materiales tangibles siguiendo principios de diseño centrado en el usuario. Diseño de interacción tangible. Participación en el diseño de interacción digital y del videojuego. Prototipado de bajo nivel para evaluación de jugabilidad de la tarea y formulación de requisitos para la fase siguiente.

Fase 2. Piloto

Contempla la intervención piloto en una escuela con el fin de poner a prueba un prototipo de CETA y el videojuego de estimulación.

Evaluación de experiencia de usuario considerando aspectos interactivos, didácticos y ergonómicos. Observación directa e indirecta. Reformulación de requisitos para a partir de las evaluaciones.

Fase 3. Fase Experimental

Intervención completa en una Escuela Pública de Montevideo.

Rediseño de prototipos anteriores. Fabricación de los materiales necesarios para la intervención en laboratorios de EUCD/FADU/FING.

En conjunto con la aplicación de la prueba cognitiva se realizarán pruebas de experiencia de usuario considerando aspectos interactivos, didácticos y ergonómicos. Observación directa e indirecta.

Evolución final y conclusiones

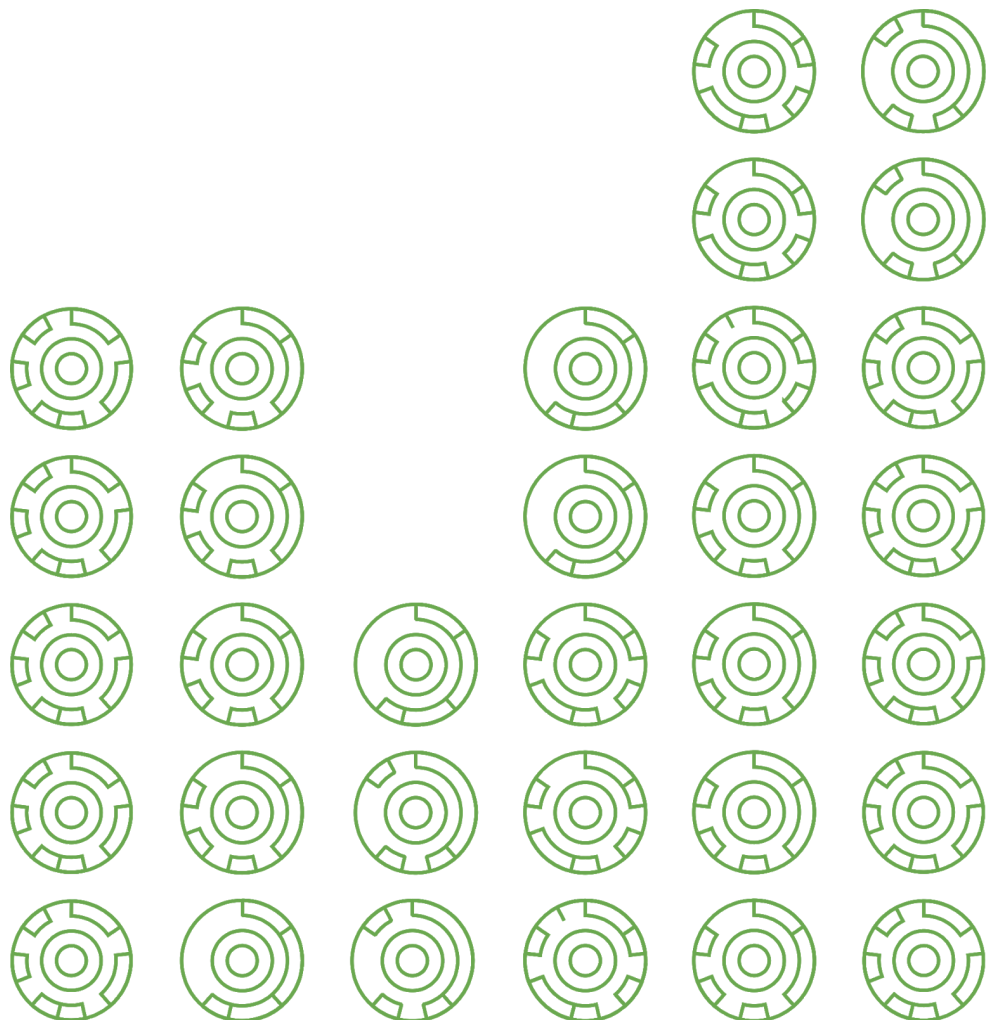
Conclusiones finales; Verificación del grado de cumplimiento de los objetivos; Lineamientos a futuro; Validación de la propuesta.

Capítulo 2

Marco teórico

Contenidos

- 2.1 Interacción Persona-Ordenador
- 2.2 Aspectos Humanos
- 2.3 Interacción Tangible de Usuario
- 2.4 Prototipos y Evaluaciones
- 2.5 Marco normativo



Se realizó una recopilación bibliográfica en torno a los ejes temáticos abordados en el marco del proyecto de investigación. Si bien el equipo planteaba abordajes teóricos específicos de cada disciplina, -como son la psicología y la ingeniería- se buscó en este relevamiento un acercamiento a los principales ejes temáticos del proyecto. De esta manera se pudo conocer los distintos enfoques propuestos y generar vínculos con las metodologías de diseño estudiadas en el transcurso de la currícula de la EUCD.

2.1 Interacción Persona-Ordenador (IPO)

La interacción persona-ordenador IPO, también conocida por sus siglas en inglés HCI (Human-Computer interaction) es una disciplina que surge dentro de la Ergonomía², a partir de la explosión tecnológica de los años setenta y la posterior incorporación de los ordenadores personales. Esta nueva disciplina busca adaptar los estudios de la ergonomía (antropometría, ergonomía cognitiva, etc.) a las características de las tecnologías emergentes.

Si bien aún no existe una definición consensuada de IPO, la ACM SIGCHI (Association for Computing Machinery's Special Interest Group on Computer-Human Interaction) la define como "la disciplina dedicada al diseño, la evaluación y la implementación de sistemas informáticos interactivos para el uso humano; y al estudio de los fenómenos relacionados más significativos"³.

A partir de esta definición, se evidencia el carácter multidisciplinar de la IPO. Entre las distintas disciplinas que se combinan en esta, se pueden destacar con cierta relevancia² las siguientes:

Informática, como disciplina centrada en el estudio y tratamiento de la información mediante sistemas computacionales.

Ergonomía, como disciplina asociada al diseño industrial que estudia la relación interactiva entre las personas, los productos y los entornos de trabajo con especial atención en los factores humanos físicos, psicológicos y sociales.

Psicología, como disciplina que estudia el comportamiento humano, los procesos mentales y los factores socioculturales que lo conducen y condicionan.

² Hassan-Montero, Y. (2013). Introducción a la Interacción Persona-Ordenador. Universitat Oberta de Catalunya, 2013.

³ Hewett, Thomas T., et al. ACM SIGCHI curricula for human-computer interaction. ACM, 1992

Para guiar las evaluaciones del dispositivo con los usuarios, se buscó atender a los conocimientos de cómo es usado el dispositivo y las formas de medir su usabilidad, y de manera más amplia cómo es la experiencia del usuario al interactuar con el sistema y su entorno.

2.1.1 Usabilidad y jugabilidad

La Organización Internacional para la Estandarización en su norma ISO 9241 define la Usabilidad como la eficacia, eficiencia y satisfacción con la que un producto permite alcanzar objetivos específicos a usuarios específicos en un contexto de uso específico.⁴

El nivel de usabilidad puede ser determinado en función de las siguientes componentes variables⁵:

Facilidad de Aprendizaje (Learnability): ¿Cómo de fácil resulta al usuario llevar a cabo tareas básicas la primera vez que se enfrenta al diseño?

Eficiencia: Una vez que los usuarios han aprendido el funcionamiento básico del diseño, ¿cuánto tardan en la realización de tareas?

Cualidad de ser recordado (Memorability): Cuando los usuarios vuelven a usar el diseño después de un periodo sin hacerlo, ¿cuánto tardan en volver a adquirir el conocimiento necesario para usarlo eficientemente?

Eficacia: Durante la realización de una tarea, ¿cuántos errores comete el usuario?, ¿cómo de graves son las consecuencias de esos errores?, ¿cómo de rápido puede el usuario deshacer las consecuencias de sus propios errores?

Satisfacción: ¿Cómo de agradable y sencillo le ha parecido al usuario la realización de las tareas?

Para poder determinar el nivel de satisfacción de los usuarios o "jugadores", la usabilidad no es suficiente como única medida y se debe ampliar con atributos y propiedades que describen la experiencia del jugador cuando participa en el juego (J. L. González Sánchez y otros, 2017).

En el artículo "De la usabilidad a la jugabilidad" (J. L. González Sánchez y otros, 2017), se define la Jugabilidad como el conjunto de propiedades que describen la experiencia del jugador ante un sistema de juego determinado, cuyo principal objetivo es divertir y entretener de forma satisfactoria y creíble ya sea solo o en compañía.

⁴ International Organization for Standardization [ISO]. Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts, 2018.

⁵ Nielsen, J. (2003). Usability 101: Introduction to Usability, Uselt.com Alertbox.

A diferencia de un sistema interactivo tradicional, como es por ejemplo un procesador de textos, la satisfacción se hace más difícil de medir debido a sus objetivos no funcionales. Por otro lado, la credibilidad dependerá del grado de asimilación e implicación de los jugadores en el juego, es decir, que el jugador se integre y dé crédito al mundo virtual propuesto por el juego.

Por otro lado, algunos de los atributos que los autores señalan como característicos de la jugabilidad también existen en la usabilidad, pero con matices distintos. Por ejemplo, el “Aprendizaje” de un videojuego puede ser elevado y esto puede provocar que un jugador se vea satisfecho ante el reto que supone aprender a jugarlo. Por otro lado, la “Efectividad” en un juego no busca rapidez por completar tareas, pues dentro de la naturaleza de los videojuegos se espera que el jugador disfrute el mayor tiempo posible.

En el artículo De la usabilidad a la jugabilidad, también se proponen siete atributos para caracterizar la jugabilidad:

Satisfacción: Agrado o complacencia del jugador ante el videojuego.

Aprendizaje: Facilidad para comprender el sistema y mecánica del videojuego, es decir, los conceptos definidos en el Gameplay/Game Mechanic del juego: objetivos, reglas y formas de interaccionar con el videojuego.

Eficiencia y Efectividad: Tiempo y recursos necesarios para lograr los objetivos propuestos en el videojuego.

Inmersión: Capacidad para creerse lo que se juega y integrarse en el mundo virtual mostrado en el juego.

Motivación: Característica del videojuego que mueve a la persona a realizar determinadas acciones y persistir en ellas para su culminación.

Emoción: Impulso involuntario, originado como respuesta a los estímulos del videojuego, que induce sentimientos y que desencadena conductas de reacción automática.

Socialización: Atributos que hacen apreciar el videojuego de distinta manera al jugarlo en compañía (multijugador) ya sea de manera competitiva, colaborativa o cooperativa.

Estos atributos fueron clave para permitir ampliar el espectro de las preguntas formuladas para la confección de las pruebas de usabilidad que se utilizaron en el desarrollo de CETA.

2.2 Aspectos Humanos

Para el desarrollo de un dispositivo interactivo es importante conocer las características de las personas, ya que como se vió en la sección 2.1 la definición de IPO se compone de 3 elementos clave: personas, tecnología y diseño.

Entre los objetivos del proyecto se encuentra el diseño de un dispositivo de interacción. En el marco de CETA, este dispositivo se utiliza para evaluar la mejora del aprendizaje para una determinada población.

2.2.1 Punto de vista cognitivo

Para comprender las bases de la interacción y las forma de adquisición de conocimientos del ser humano, se realizó una exploración básica en la disciplina de la psicología cognitiva.

A partir de la revolución cognitiva⁶ se concibe a la psicología cognitiva como una subdisciplina dentro de la psicología que se encarga del estudio de los procesos relacionados con la elaboración del conocimiento en su sentido amplio: la forma en que percibimos, en la que almacenamos la información, en la que aprendemos, en la que razonamos y fijamos la atención, asimismo se ocupa del modo en que nos comunicamos, entre otros procesos cognitivos⁷.

Percepción	Cómo recibimos la información, cómo la agrupamos para determinar qué representa, cómo combinamos la información que nos llega a nuestros sensores con nuestro conocimiento previo para hacerlo comprensible. Es decir, cómo interpretamos lo que recibimos.
Memoria	Cómo codificamos, almacenamos y recuperamos la información recibida, principalmente a través del estudio de las relaciones entre memorias de corto y largo plazo, estudio de memoria episódica, memoria semántica, memoria cotidiana, y las patologías asociadas (p. ej., amnesias postraumáticas, enfermedad de Alzheimer, demencias, etc.)
Atención	Implica la capacidad de concentrar nuestras capacidades cognitivas en el emprendimiento de una tarea. Por ejemplo, atención sostenida y factores que la afectan (de la señal, motivacionales), atención selectiva, etc.
Razonamiento	La capacidad de razonar, en tanto actividad mental vinculada al procesamiento y comprensión de la información, involucra estructuras

⁶ Miller, G. A. (2003). The cognitive revolution: a historical perspective. *Trends in cognitive sciences*, 7(3), 141-144.

⁷ Vásquez Echeverría, A. (2015). Manual de Introducción a la Psicología Cognitiva. Montevideo: UdelaR.

	lógicas complejas que nos permiten relacionar los hechos, de modo de poder operar en forma eficaz sobre la realidad, a través de generalizaciones, predicciones, explicaciones, etc.
Lenguaje	Modo en que nos comunicamos, principalmente el lenguaje verbal aunque no únicamente, en tanto sistema de unidades discretas con reglas de combinación que producen un número infinito de enunciados.
Toma de decisiones	Es el proceso cognitivo que lleva a la selección de una creencia, afirmación o acción entre varias posibilidades concurrentes. Los procesos de toma de decisiones implican una elección o decisión final entre dos o más alternativas. Las decisiones pueden ser racionales o irracionales, incluso cuando el sujeto piensa que son racionales.
Motivación	Es el proceso que nos dirige hacia el objetivo o la meta de una actividad, que la instiga y la mantiene. Supone la activación de funciones cognitivas y emocionales, que dirigen y orientan la acción en forma deliberada o intencional a un objetivo.
Emoción	La psicología cognitiva en sus orígenes no presenta un interés por las emociones. Sin embargo, con el tiempo se comenzó a demostrar que el abordaje cognitivo de procesamiento de la información es muy útil para entender las respuestas emocionales.

Tabla 1: Principales áreas de trabajo de la Psicología Cognitiva (Vázquez Echeverría, 2015)

2.2.2 Manipulables y aprendizaje de matemáticas

Para el presente proyecto se decidió realizar una aplicación (App) dedicada a la estimulación del aprendizaje de matemáticas. Esta decisión se basó en que es en esta área donde tradicionalmente se han empleado con éxito manipulables, para el aprendizaje de las ideas abstractas.

Tradicionalmente, los educadores se han basado en el trabajo de Montessori (1917) y Piaget (1970) para vincular el uso de objetos concretos para la etapa de desarrollo cognitivo del niño. Se ha argumentado que los materiales concretos deben utilizarse con niños pequeños (menores de aproximadamente 6 o 7) porque el pensamiento de los niños pequeños es inherentemente concreto. De acuerdo con este punto de vista, los niños pequeños, naturalmente, se centran en los aspectos concretos de los objetos (por ejemplo, forma, tamaño, color), y que se vinculan intrínsecamente con la manipulación (por ejemplo, rotar, el orden, la pila). Mientras los niños no son capaces de pensar en el mundo en términos de conceptos abstractos o representaciones simbólicas necesitan desarrollar sus capacidades a través de sus experiencias con materiales concretos.

Dentro de las Ciencias Cognitivas, la Cognición numérica es el área que se encarga de estudiar cómo se adquieren y desarrollan las capacidades para comprender los números y aprender matemáticas. De especial interés son las teorías que proponen la existencia de precursores que en edades tempranas "preparan" la adquisición de los conceptos matemáticos formales que son enseñados en la Escuela.

Una importante línea de investigación (eg: Dehaene, 2011) propone que los seres humanos, incluso antes de aprender a contar, pueden entender los fenómenos en términos de cantidad. Se introduce como base de esa habilidad la existencia de un "sistema numérico aproximado" (ANS) que sería innato, universal, independiente del lenguaje y abstracto. Esta habilidad matemática está basada en la "inteligencia numérica" (Gelman y Gallistel, 1978) y está presente también en otras especies, que son capaces de distinguir entre cantidades (Collerone, 2016). Los niños desarrollan sus capacidades numéricas a partir de esta habilidad aproximada, una vez que comienzan a contar y aprenden las representaciones simbólicas asociadas a los números. Se entiende así que el aprendizaje de la numerosidad es un proceso que va de lo concreto y análogo a lo abstracto y simbólico, en el que la manipulación de objetos sirve de andamiaje.

2.2.3 Competencias numéricas tempranas

Las competencias numéricas tempranas son habilidades importantes para establecer trayectorias o rutas de aprendizaje de los niños en matemáticas. Estas competencias involucran la comprensión de los números enteros, las relaciones numéricas y las operaciones numéricas (Malofeeva, Day, Saco, Young, & Ciancio, 2004).

Para proyectar las piezas de interacción tangible, es importante conocer estos aspectos del usuario para determinar los atributos formales de las piezas, así como las tareas a realizar con las mismas.

De acuerdo a la investigación teórica llevada adelante por el equipo del proyecto, se han identificado habilidades innatas que contribuyen a la formación de la inteligencia numérica:

- **Subitización o Subitizing.** Es la capacidad para reconocer de súbito el cardinal de un conjunto sin necesidad de realizar una actividad de conteo. Es un acto análogo no intencional, una característica visual que permite una estimación numérica rápida y precisa de pequeños conjuntos de elementos. Por ejemplo, al ver 3 lápices saber inmediatamente que son 3.

- **Estimación.** Es la capacidad de determinar valores desconocidos (en conjuntos de cantidades mayores a 4-6 elementos). A mayor cantidad, mayor dificultad en la estimación.
- **Correspondencia uno a uno** (saber que cada elemento tiene el valor 1). Al momento de contar esta habilidad permite asignar el mismo valor a cada elemento y saber que un elemento no debe ser contado más de una vez.
- **Conteo** de $n + 1$ y $n - 1$. Implica conocer la continuidad de los números (en relación al valor en la línea numérica) y ofrece la posibilidad de contar hacia delante o hacia atrás con referencia a la cantidad y al número.
- **Representación conceptual.** Corresponde con el "significado" de un número: el acceso semántico a través de los mecanismos de reconocimiento preverbal de las cantidades. Dan lugar a los mecanismos de cálculo y la manipulación del sistema de numeración.

En este sentido, para el diseño de las piezas de interacción tangible y la determinación de sus factores objetuales -tamaño, forma, color- se tuvo en cuenta la posibilidad de conteo -en cada pieza y dentro de la pieza, sus unidades- y la diferenciación entre ellas, por ejemplo, mediante el aumento proporcional de tamaño.

2.3 Interacción Tangible de Usuario (ITU)

De acuerdo con la investigación teórica llevada a cabo por el equipo del proyecto CETA, se observa que, en Europa o EE.UU. las nuevas tecnologías aplicadas a la educación vienen poniendo el foco en no perder de vista la manipulación de objetos reales en el aprendizaje. Pero sin perder por ello las ventajas que provee la digitalización (captura de datos online, multiplicidad de situaciones de aprendizaje, etc) (Sigrist, et al. 2013). Este desplazamiento tiene su origen en los dispositivos de recreación como el Nintendo Wii o el controlador Kinect; pero recientemente, han empezado a utilizarse también en el ámbito educativo. Con esta orientación es que, en los últimos 10 años, se han comenzado a desarrollar recursos que permiten a los maestros combinar prácticas tradicionales de aprendizaje con la ventaja de implementarse a través de recursos informáticos.

En la siguiente tabla se repasan algunos ejemplos de este tipo de dispositivos.

<p>Pizarras interactivas</p> <p>Foto: Monitor Interactivo CTOUCH Leddura xts</p>	
<p>Sistemas de respuesta interactiva, utilizados para votación electrónica</p> <p>Foto: OMBEA ResponsePad</p>	
<p>Mesas interactivas</p> <p>Foto: SMART Table collaborative learning center</p>	
<p>Laboratorios inteligentes</p> <p>Foto: SMALLab.com</p>	

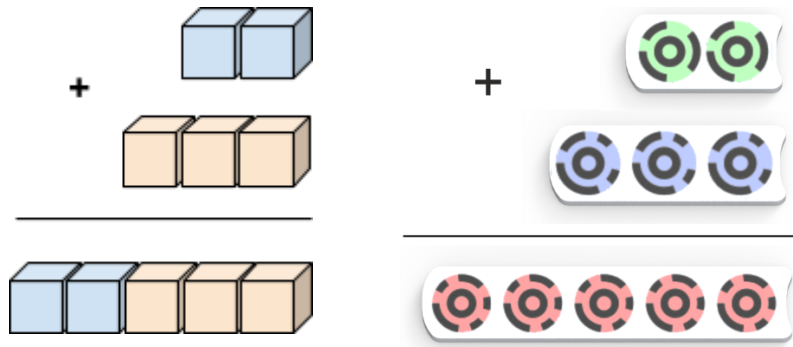
Tabla 2: Ejemplos de dispositivos de interacción tangible de usuario (ITU)

La interacción tangible de usuario (ITU) es un tipo de interacción de usuario en la cual una persona interactúa con información digital a través de un entorno físico. El objetivo principal del desarrollo de ITU es potenciar la colaboración, el aprendizaje y el diseño mediante el uso

de la tecnología digital y, al mismo tiempo, aprovechar las capacidades humanas para captar y manipular objetos y materiales físicos (Hiroshi Ishii, 2008).

De la investigación del equipo CETA, surge que uno de los empleos más frecuentes de ITU es en aplicaciones con fines educativos. Por ejemplo, mediante el registro de la interacción con un manipulable es posible devolver al niño un mensaje que apoye el proceso de aprendizaje en el que está inmerso (Antle, et al., 2012). Si comparamos la manipulación directa de objetos conectados a un dispositivo con la manipulación sin tener ningún dispositivo, esta última no cuenta con la información de cómo y cuándo se mueven los objetos físicos, ya que no hay registro de su posición anterior o "estado representacional". En consecuencia, a diferencia de otras representaciones como el papel, la manipulación de materiales físicos no proporciona ningún registro externo en el que examinar y reflexionar sobre la actividad anterior. En este sentido los ITU, son capaces de hacer frente a esta limitación, proporcionando los medios para registrar y acceder a estados representacionales anteriores. Además aporta retroalimentación del desempeño y su nivel de dificultad puede variar con el desempeño del niño. Esto puede ser importante en áreas como las matemáticas, donde se hace posible visualizar tanto el proceso como resultado de las operaciones. En cuanto al diseño de los manipulables, las dimensiones de cada pieza fueron determinadas de forma tal que al combinar las piezas, el resultado tuviera dimensiones proporcionales al valor representado. Por ejemplo, al combinar una pieza de valor 2 y otra de valor 3 el conjunto resultante es equivalente a la pieza de valor 5, que a su vez se ve representado en el videojuego mediante la representación virtual. Por otra parte, a diferencia de los materiales físicos, materiales virtuales son capaces de proporcionar un registro del estado inicial ($2 + 3$) y el resultado (5), que puede ayudar a los niños reflexionar sobre esta transformación y proporcionar datos de interés para los maestros. Por ejemplo, un niño que utiliza siempre piezas pequeñas para construir un resultado mayor, y otro que utiliza menor cantidad de piezas de mayor valor para llevar al mismo resultado.

Esto fue fundamental para determinar las variaciones de tamaños en los manipulables diseñados para CETA.



Ej. Combinación de un grupo de dos objetos con uno de tres

Prototipo de manipulables de valores 2, 3 y 5.

Imagen 2. Correspondencia dimensional de los manipulables .

2.4 Prototipos y evaluaciones

Dentro de los aportes realizados desde la disciplina del diseño al Proyecto, está la creación de prototipos para realizar simulaciones y evaluaciones con los usuarios en cada una de las fase preestablecidas.

De acuerdo a la bibliografía manejada en los cursos de Ergonomía de la EUCD, la simulación puede ser considerada un método ergonómico cuya función radica en enfrentar por primera vez al "futuro usuario" con el "futuro objeto" actuando bajo condiciones similares a la realidad⁸. Para lograr esto los autores recomiendan utilizar simuladores de dos tipos: simuladores bidimensionales y simuladores tridimensionales. Dentro de esta clasificación general, para el desarrollo y evaluación del dispositivo utilizamos los siguientes métodos ergonómicos por las ventajas ofrecidas.

Bidimensionales. Son planos de escala 1:1 que sirven para comprobar la relación real entre las dimensiones generales del objeto y las de los usuarios.

Modelos funcionales. Modelos que dan prioridad a características funcionales y técnicas como la prueba de algún mecanismo, disposición de elementos en un sistema, dimensiones y colores, etc.

Simulación real. Se utilizan objetos que tengan relación directa con el diseño proyectado, y se realizan secuencias de uso en contextos lo más parecidos a la situación de uso real. De esta manera se pueden detectar problemas asociados al uso o de otro tipo, que deberán ser tenidos en cuenta para la reformulación de los requisitos de diseño.

⁸ Flores, C. (2001). *Ergonomía para el diseño*. Designio Teoría y Práctica.

Para las fases de desarrollo de CETA fue de gran utilidad el empleo de modelos funcionales fabricados digitalmente (impresión 3D y corte láser de madera), utilizados con el equipo de ingeniería, para la resolución de aspectos técnicos de los manipulables y del sistema de visión por computador desarrollado por el equipo de ingeniería.

Asimismo, en todas las fases se utilizaron simulaciones con los prototipos desarrollados, en contexto real y con usuarios reales.

2.5 Marco normativo

Todos los juguetes que se comercialicen en los estados partes del MERCOSUR deben cumplir con el reglamento técnico de seguridad según la Resolución GMC N° 23/04. Este reglamento establece parámetros de seguridad que incluyen información al consumidor, características de diseño y materiales, de forma de cuidar la salud del niño o niña que utilice el juguete. Para el caso de Uruguay, a través del Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) se internaliza la norma MERCOSUR a través del Decreto 388/05 de Octubre de 2005⁹.

De acuerdo al artículo 1° del reglamento se entenderá por juguete “aquel producto destinado a ser utilizado con fines de juego por niños de edad inferior a los 14 años.”

Por otra parte, el reglamento especifica que “Quedan excluidos del reglamento los materiales escolares que no tengan funcionalidad lúdica” (Anexo 2 - Decreto 388/005).

Dado que CETA es un material escolar cuya función didáctica se da a través de una dinámica lúdica, se entiende necesario atender al cumplimiento de los reglamentos vigentes.

Los principales exigencias de seguridad impuestas por la norma están referidas a juguetes que implican riesgos para niños menores de 36 meses, por ejemplo objetos que se separan en pequeñas piezas que puedan ser ingeridas o inhaladas, o juegos que presenten riesgos de asfixia o ahogamiento.

Los principales usuarios de CETA son niños en edad escolar de primer año (6 a 7 años), pero dado que el dispositivo es de código abierto y fomenta la autoconstrucción por parte del público en general, es de esperarse que el dispositivo sea utilizado en ambientes domésticos y por tanto sea accesible ocasionalmente a niños menores a 36 meses. En estos casos los manipulables, principalmente las piezas más pequeñas, representan un riesgo potencial. Por

⁹ MIEM. (s.f.). APROBACIÓN DEL REGLAMENTO TÉCNICO DE JUGUETES. Recuperado 6 diciembre, 2019, de <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/388-2005/1>

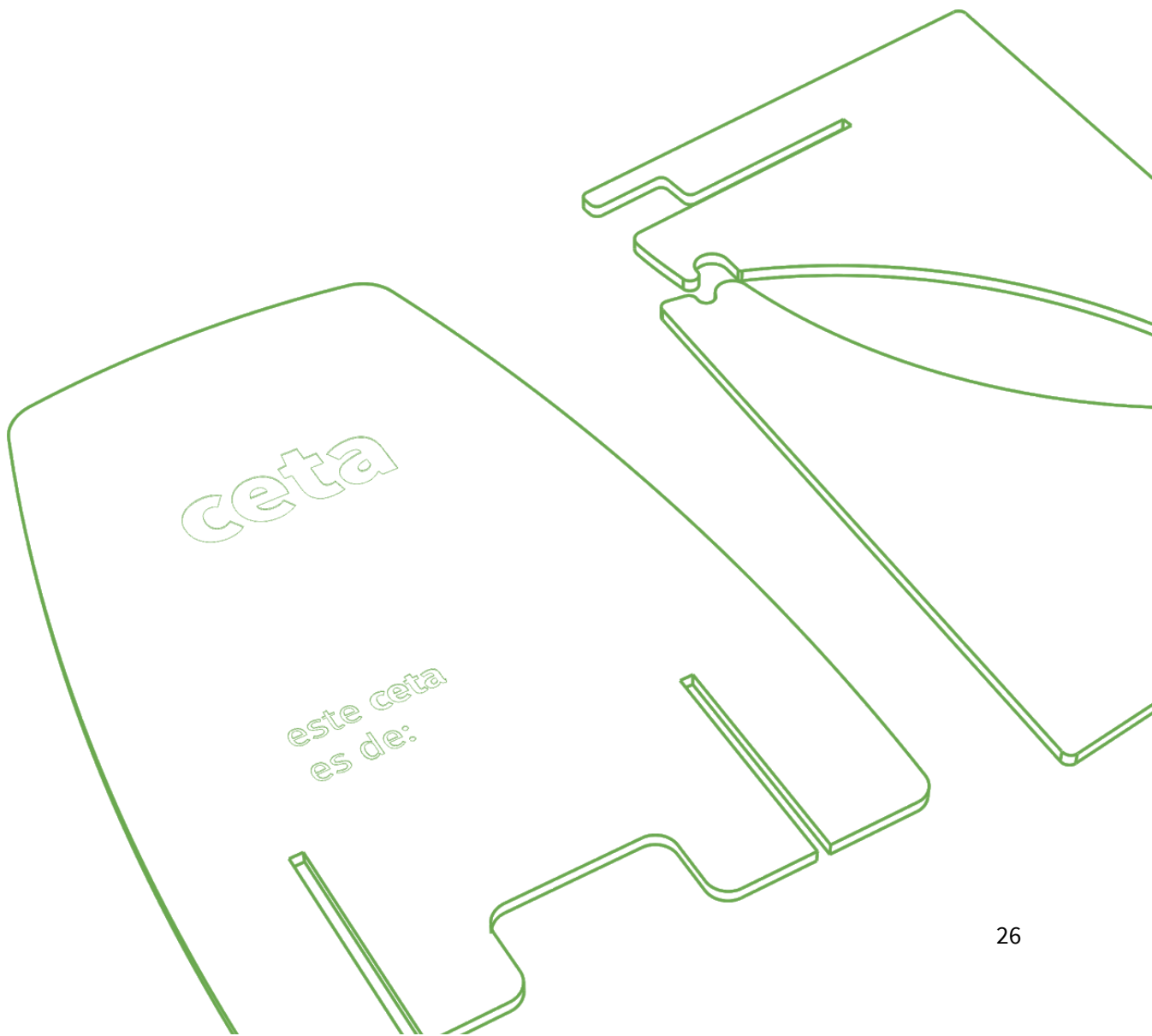
tanto, atendiendo a las recomendaciones y exigencias de la norma, se deberá prever la inclusión de una advertencia para los adultos sobre la edad mínima de uso, una vez que se difunda el dispositivo masivamente.

Capítulo 3

Metodología

Contenido

- 3.1 Fase 0. Estudios preliminares
- 3.2 Fase 1. Prueba de concepto
- 3.3 Fase 2. Piloto
- 3.4 Fase 3. Experimental
- 3.5 Aplicación BrUNO



A partir de la exploración bibliográfica realizada (ver capítulo 2: Marco Teórico) se procede con el desarrollo del Dispositivo de Interacción Tangible.

A través de una metodología de diseño centrado en el usuario, se pretende dirigir el desarrollo del sistema ITU por información proveniente de una muestra de la población usuaria de CETA, con particular énfasis en los niños.

Para articular con las otras disciplinas involucradas en CETA, se plantea una división por fases iterativas, a su vez subdivididas en las etapas ideación, desarrollo y evaluación; y sincronizadas con las etapas del proyecto. Además, se propone una fase previa -de aterrizaje- con el interés particular de informar al desarrollo del dispositivo, a través del estudio de usabilidad del dispositivo OSMO y un análisis de usuario desde la perspectiva ergonómica, complementario al estudio de usuario llevado adelante por el equipo de psicología.

Se proponen las siguientes fases:



Fase 0. Estudios preliminares. Se realizan análisis preliminares, como ser el estudio de los usuarios, el contexto y antecedentes de CETA.

Fase 1 - Prueba de concepto. Esta etapa comprende una primera iteración para el diseño del dispositivo y materiales concretos. Se realizan evaluaciones utilizando prototipos de bajo nivel.

Fase 2 - Piloto. En esta fase se continua con el proceso iterativo y las evaluaciones con los usuarios meta en una Escuela.

Fase 3 - Fase experimental. Aquí se pone a prueba el producto obtenido en las fases anteriores con dos grupos de 1er año. Esta fase comprende la fabricación de los dispositivos y la asistencia al equipo encargado de realizar las Evaluaciones Cognitivas

3.1 Fase 0. Estudios preliminares

3.1.1 Análisis de Usuarios

La población usuaria de CETA, a nivel general, está compuesta por niños, padres y maestros; haciendo foco en aquellos niños y niñas que asisten al 1er nivel de enseñanza primaria del sistema educativo público, para quienes está dirigido el dispositivo (Proyecto “Educación Tangible. Nuevas formas de interacción para el aprendizaje”, financiación ANII - FSED 2015).

Cada uno de estos usuarios tendrá distintos intereses generales sobre el dispositivo en función del tipo de actividad que realizará con el mismo, sin embargo, consideramos como usuarios primarios a los niños por su mayor implicancia en la interacción física y cognitiva con el sistema.

Niños	Maestros	Padres
Entretenimiento y juego	Disponibilidad de la aplicación	Diseño de la aplicación
Desafío	Incorporación de CETA en dinámica de trabajo de la clase	Fabricación del dispositivo
Motivación	Vínculo entre contenidos de la aplicación y el programa de ANEP	Acceso al dispositivo y aplicación
Aprender cosas nuevas	Fabricación del dispositivo	

Tabla 3. Intereses de los usuarios respecto al producto.

Mediante la observación de los materiales usados en el aula y el diálogo con maestras se tuvo un primer acercamiento a cómo los niños utilizan el material concreto en el aula, principalmente como apoyo al aprendizaje de matemáticas.

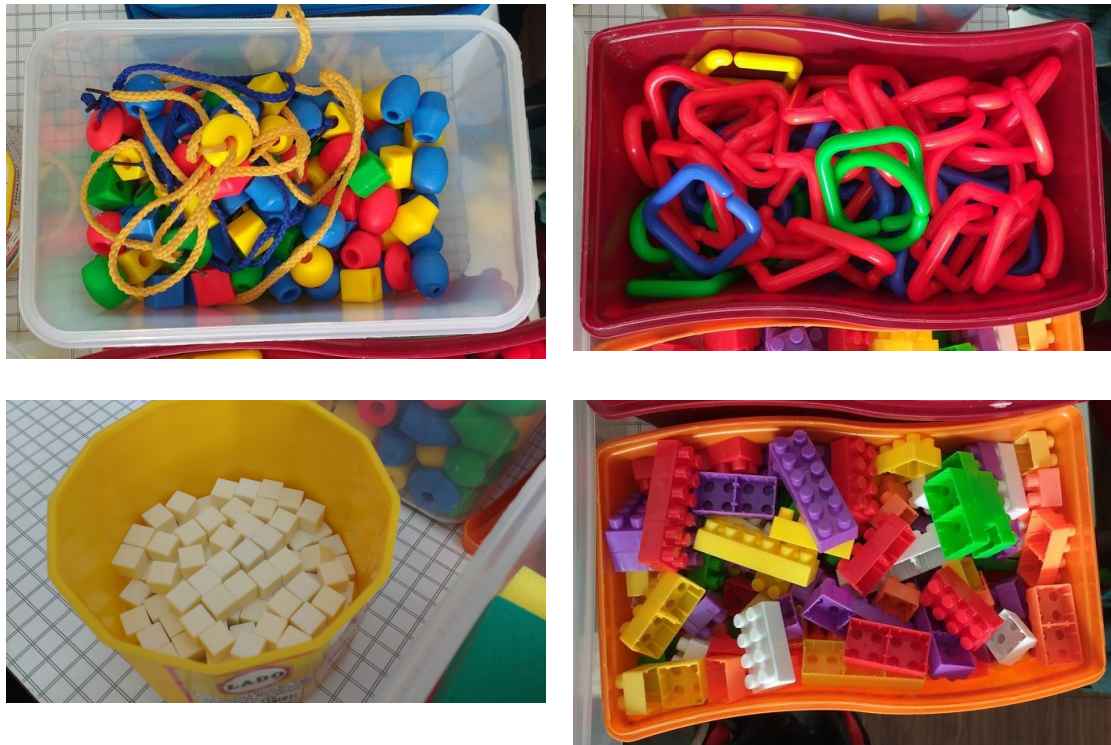


Imagen 3. Material concreto usado en 1er año - Escuela Simón Bolívar. Las dimensiones de los materiales oscilan entre 1 y 6 cm³.

Los niños utilizan manipulables de distintos tipos de acuerdo a la actividad. En los casos observados destaca la utilización de sistemas de pequeños objetos (juegos de armar tipo Lego, argollas geometricas) que permiten explorar secuencias unidimensionales (por ej. la construcción de líneas numéricas). Como denominador común se observó la modularidad (por ej. en legos o argollas geometricas) y el uso de la unidad.

Por otra parte, se recurrió a información antropométrica para conocer dimensiones específicas de la población que puedan resultar en limitantes para la interacción con los manipulables, de manera de optimizar la interacción mano-objeto.

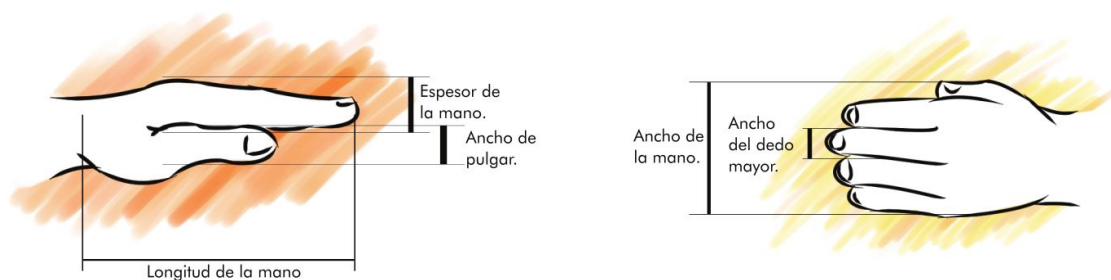


Imagen 4. Dimensiones de mano. Tomado de Medición Antropométrica en niños y niñas, aplicable al Diseño.

Medidas antropométricas de niñas de 6 años¹⁰					
Dimensión	Mín.	5 percentil	50 percentil	95 percentil	Máx.
Longitud del antebrazo	12,8	-	16,7	-	18,2
Longitud de la mano	12,6	-	12,8	-	13,8
Ancho de la mano	5,7	-	5,8	-	5,9
Diámetro de agarre	3,1	-	3,2	-	3,4
Ancho de dedo pulgar	1,3	-	-	-	1,4
Ancho de dedo mayor	1,2	-	-	-	1,3

Tabla 4. Datos extraídos del Proyecto PAIE Medición Antropométrica en niños y niñas, aplicable al Diseño.

Para dimensionar los manipulables se tomaron datos del trabajo de “Medición antropométrica en niños y niñas, aplicable al Diseño”¹⁰ realizado en 2014 por estudiantes de la EUCD.

Para que los manipulables pudieran ser utilizados por la mayor cantidad de niños, se tomaron como referencia las dimensiones de dedos y manos del segmento más pequeño (1,2 - 1,3 cm), que en este caso fue el de las niñas de 6 años.

3.1.2 Prueba de usabilidad - OSMO

El dispositivo proyectado por el equipo CETA tiene entre sus antecedentes directos al juego OSMO.

Este juego es un sistema de interacción tangible comercial para el ecosistema de productos Apple iPad, que cuenta con una serie de aplicaciones didácticas y de entretenimiento. Dado que la modalidad de interacción propuesta por el equipo de CETA es análoga a la propuesta por OSMO, se realizó una prueba preliminar con este último y los usuarios meta de CETA.

Mediante esta prueba se buscó obtener insumos en cuanto a usabilidad del ITU, jugabilidad de la Aplicación móvil e interacción física con el dispositivo; que pudieran ser incorporados en las sucesivas fases del proyecto.

¹⁰ Giménez, A. Lorenzo, V. 2014. Medición Antropométrica en niños y niñas, aplicable al Diseño. CSIC - UDELAR.

Selección de los participantes

Se seleccionan dos institutos de educación primaria que, por tener vínculos con el Equipo a través de sus integrantes y por haber participado previamente de proyectos con la EUCD, simplificaron los procedimientos de contactos institucionales y facilitaron las tareas de registro tanto fotográfico como en video, sumamente útil para ciertos aspectos de la prueba.

Por un lado la Escuela pública N° 95 “Unión Europea”, ubicada en el barrio La Boyada, y donde han habido antecedentes de proyectos de docentes y estudiantes de los cursos de ergonomía de la EUCD. Por otro lado, el colegio St. George's School, ubicado en el barrio Buceo.

Ambos institutos educativos responden a dos realidades educativas y socioculturales bien diferenciadas. Esto ofrece la oportunidad de verificar mediante la prueba ciertos factores que hacen al nivel del desarrollo cognitivo de los niños y de qué manera el entorno sociocultural, la familia, la institución educativa, etc; influyen notoriamente en el aprendizaje.

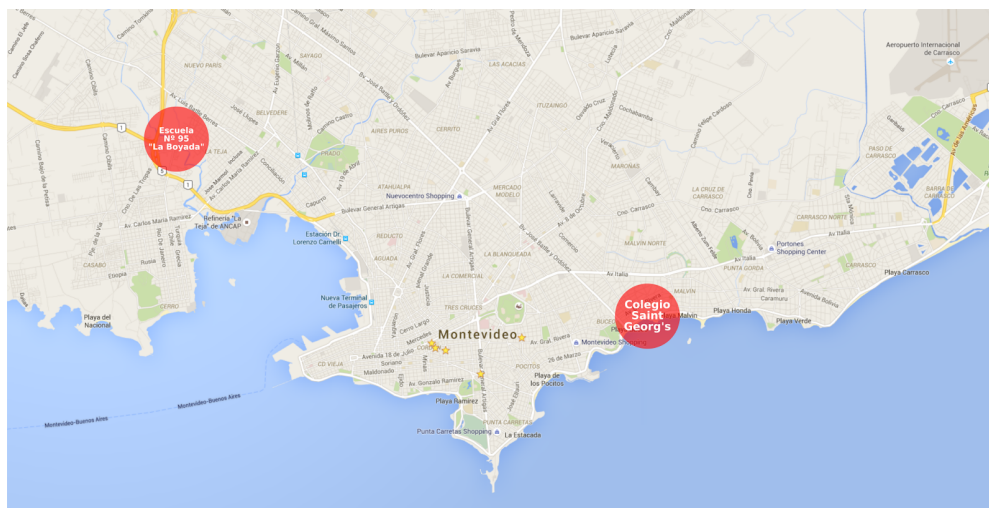


Imagen 5. Ubicación de ambos centros educativos. Escuela N°95 (oeste) y Colegio Saint George's (este).

En la Escuela N°95 las pruebas fueron realizadas en la “sala multiuso”, donde también se daban clases de música y se realizaban otras actividades.

El Colegio St. George's School cuenta con dos aulas dedicadas a la enseñanza de informática y las pruebas se llevaron a cabo en una de estas aulas.

Con respecto a los grupos que se invitaron a participar, en ambos casos se trabajó con niños de primer nivel y en presencia de la maestra encargada de cada grupo.

Diseño de la evaluación

Para el diseño de la prueba el equipo investigador pre seleccionó los aspectos a evaluar más relevantes en cuanto interacción y usabilidad, que pudieran ser relevados con OSMO.

Se relevaron dos tipos de información, en cuanto a:

1. La comprensión del manejo del sistema compuesto por los elementos tangibles (fichas), tablet y espejo. Para ello se debe constatar que los niños logran ubicar las fichas en el espacio (área de actividad) para lograr la interacción eficaz con la tablet.
2. La comprensión del desafío planteado por el juego; aquí se observa cómo el niño se desempeña en el ejercicio concreto, evidenciando los conocimientos previos en matemáticas por un lado, y el manejo de interfaces gráficas por otro. Fue igualmente considerada la jugabilidad (Ver capítulo 2.3 Usabilidad y jugabilidad) aspecto crucial en la evaluación de un juego, a través de indicadores como satisfacción, aprendizaje, motivación, emoción y socialización (González, Padilla, Gutiérrez y Cabrera, 2008)

La prueba fue sistematizada a través de la confección de un formulario de evaluación (ver anexo) basado en los indicadores mencionados anteriormente y empleando una escala de tipo Likert de 5 puntos. El equipo investigador completó un formulario para cada participante a partir lo observado en el transcurso de la prueba y los registros en video.

Protocolo de evaluación

Se optó por el uso de pruebas en el contexto propio de los niños con el fin de generar confianza y tranquilidad en ellos. En la escuela N°95, los niños pasaban del aula de clase a la sala multiuso asignada al equipo investigador (ya conocida por los niños por las actividades de plástica y música), acompañados por la maestra auxiliar.

En Saint Georges, se procedió de forma análoga, la maestra auxiliar iba a buscar a los participantes al aula y los llevaba a la sala de informática Lab II (donde semanalmente tienen clases de informática) para realizar la evaluación.

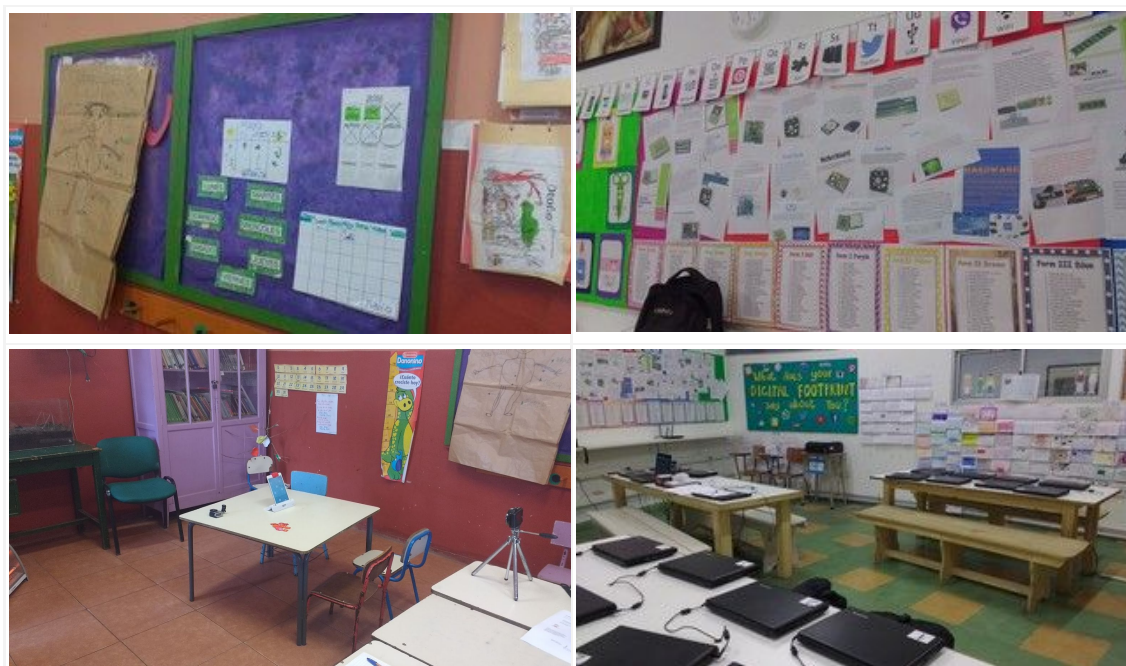


Imagen 6. Equipamiento en sala “multiuso”. Escuela N°95 (izquierda) y Sala “Lab II”. St. George’s School (derecha)

La participación de la maestra, como mediadora entre el equipo investigador y los niños, contribuyó a generar un clima de trabajo seguro, confiable y tranquilo. De esta manera se minimizó el condicionamiento anímico negativo que podrían tener los niños frente a la presencia del evaluador y que podrían influir sobre los resultados de la prueba.

En el Colegio St. George, por voluntad de la dirección, se tomó la prueba a todos los niños de primer año, en total 18.

En la Escuela No 95 la maestra seleccionó 8 niños que representaban los distintos niveles de aprendizaje alcanzados en esa clase (de acuerdo a su criterio como docente).

Para ajustar la prueba a los tiempos establecidos por parte de las maestras se formaron subgrupos reducidos de niños¹¹ que entraban a la prueba por turnos. Esto contribuyó a su vez a generar un clima propicio para el buen desarrollo de la prueba.

Sesión de evaluación

Durante la sesión se utilizaron dos métodos de observación: directa e indirecta.

Mediante la observación directa se pudo ver el entorno en el que trabajan los niños, su interacción con las maestras y maestros.

Para observar con mayor detenimiento las interacciones se realizó un registro en video a dos cámaras. Con una cámara gran angular se registró de frente a los participantes y con otra

¹¹ En la Escuela N°95 los niños entraron a la prueba de a dos acompañados por la maestra, mientras que en St. Georges lo hacían de a tres.

cámara ubicada detrás se registró la zona de la mesa y la pantalla para observar la manipulación de los elementos tangibles, el uso del espacio y lo que sucedía en la pantalla.

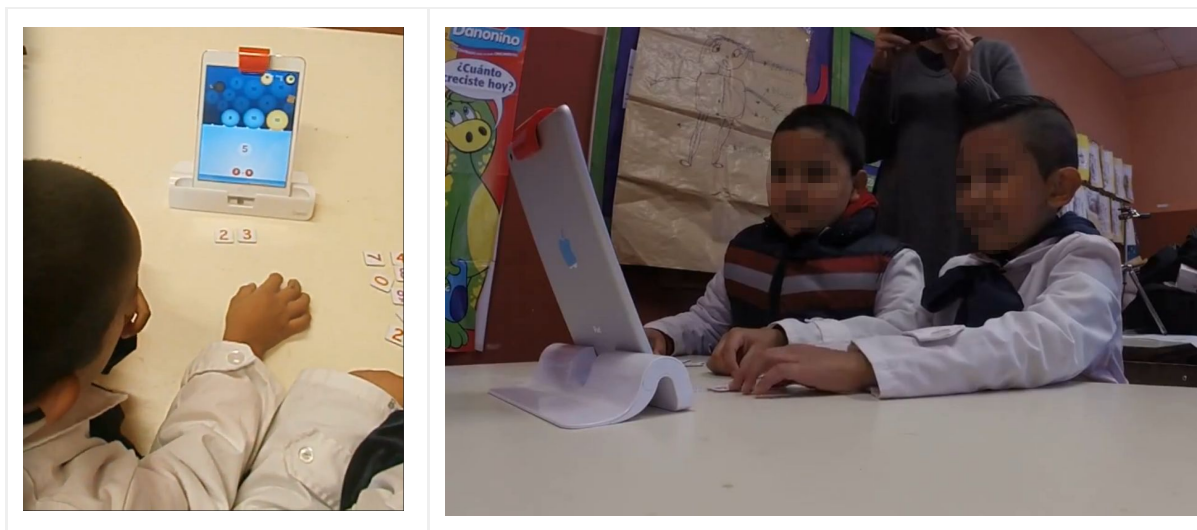


Imagen 7. Cámara de registro de la zona de la mesa (izquierda) y cámara de registro de los participantes (derecha)

Durante la observación, se tuvieron en cuenta aspectos particulares de la aplicación Numbers que fueron determinados previo a la prueba, por el equipo investigador. En este sentido se elaboró la siguiente lista de tareas de referencia:

- Formación de un número según instrucciones
- Formación de un número sin instrucciones
- Descubrir el efecto de la burbuja especial (verde)
- Liberar un pez
- Obtención de una caja sorpresa
- Obtención de una esponja
- Obtención de un anzuelo
- Completar nivel de agua

Imágenes de las sesiones:



Imagen 8. Niños Jugando con OSMO acompañados por su maestra. Colegio Saint Georges.



Imagen 9. Niños jugando con OSMO en Escuela N°95.



imagen 10. Niñas jugando OSMO en Escuela N°95. Registro de expresiones.



imagen 11. Niños jugando OSMO con maestra. Registro de expresiones e interacción entre pares.

Generación y tratamiento de datos

A partir de la observación y el diálogo con los participantes -niños y maestras- se recolectaron datos sobre usabilidad, desempeño de la interfaz, jugabilidad, satisfacción y experiencia de usuario.

Para realizar el tratamiento de datos se confeccionaron formularios para los evaluadores con preguntas sobre satisfacción, aprendizaje, efectividad, inmersión, motivación y emoción.

Los registros de la observación fueron utilizados para completar los formularios de evaluación de acuerdo a la información de la interacción del niño con el dispositivo y el videojuego.

Los datos cuantitativos en la prueba fueron los relacionados al grado de entendimiento y tiempos de desempeño en el manejo del juego.

En cuanto a los datos cualitativos, podemos considerar dos etapas:

1. La inferencia que realizan los evaluadores a partir de los indicadores que demuestran inmersión en el juego o no, si está entusiasmado o no, etc. Se prioriza la expresión exteriorizada de los niños y el registro del protocolo verbal, si bien también fueron consideradas la experiencia previa del niño en el uso de dispositivos similares o análogos, y la opinión directa sobre su uso.
2. La subjetividad de los niños evaluados. Se realizaron 3 preguntas abiertas que referían a la dinámica del juego, las recompensas, las gráficas, la música, etc.

Datos obtenidos

Satisfacción:

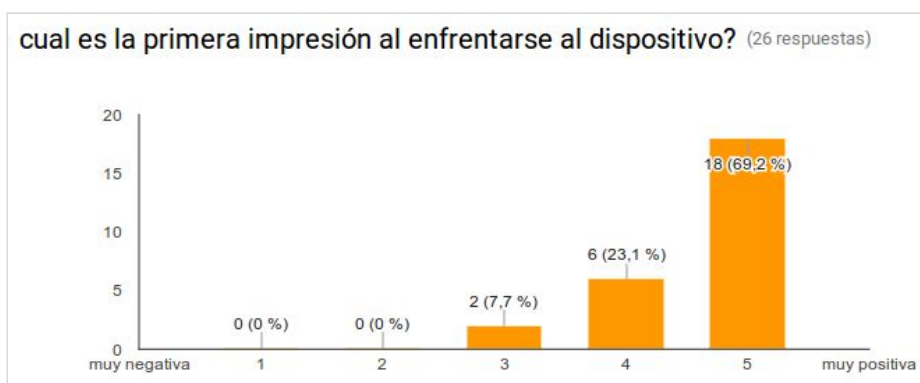


Imagen 12. Gráfico: ¿cuál es la primera impresión al enfrentarse al dispositivo?.

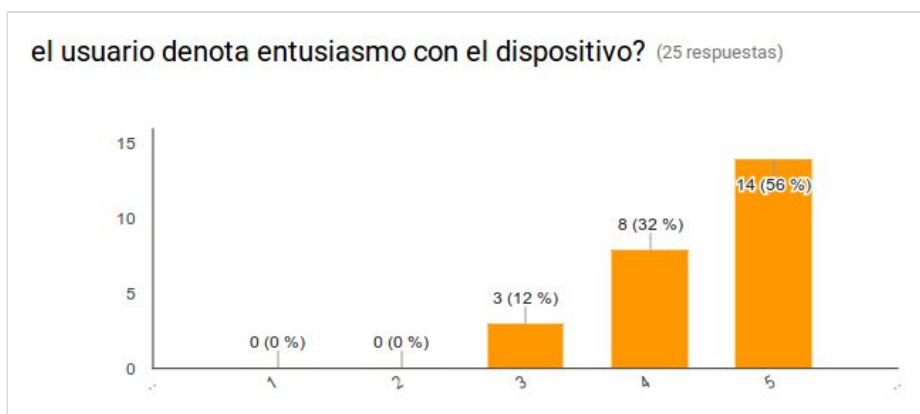


Imagen 13. Gráfico: ¿el usuario denota entusiasmo con el dispositivo?

Se observa que en general la mayoría de los usuarios responden positivamente al primer contacto con el dispositivo. En todos los casos fue la primera vez que se enfrentaban a OSMO, por lo que el factor novedad jugó un papel importante.

Aprendizaje:

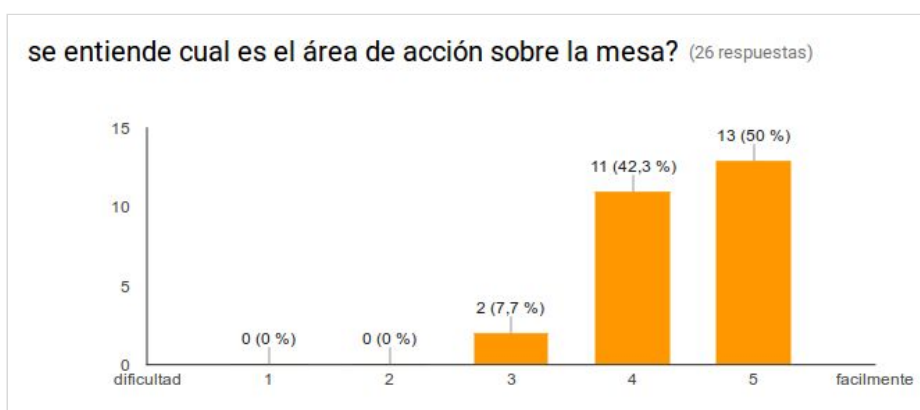


Imagen 14. Gráfico: ¿se entiende cuál es el área de acción sobre la mesa?

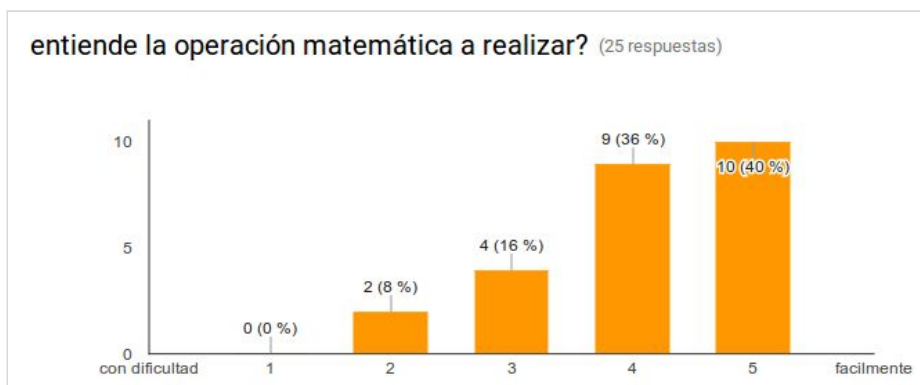


Imagen 15. Gráfico: ¿el usuario entiende la operación matemática a realizar?



Imagen 16. Gráfico: ¿manipula correctamente las fichas en el espacio?

En cuanto al aprendizaje, se observó que se entiende sin mayor dificultad el área de trabajo y cómo ubicar las fichas, aunque en todos los casos fue necesaria una instrucción previa por parte de los observadores en la que se explicara que el espejo “ve” las fichas que se presentan sobre la mesa y que es necesario apartar las fichas que no se usan del rango de visión del espejo. A partir de ahí la exploración se torna intuitiva.

Otro elemento importante fue la comprensión de la operación matemática a realizar. En este caso se observó que para los niños de la Escuela N°95 el desafío propuesto presenta mayores dificultades, habiendo tenido un promedio de 3.6 de la escala. Esto provoca que el foco de atención se centre en la resolución del problema, en muchos casos requiriendo asistencia por parte de los observadores, y se desvíe de otros aspectos del juego como la obtención de premios o el puntaje final. Según lo conversado con la maestra, las operaciones de adición y sustracción en la Escuela N°95 se enseñan sobre mitad de año y en general los niños ingresan a 1ro con una base de matemáticas muy baja, debido en parte a la escasa asistencia a clases. En el caso del St. George's, el promedio fue de 4.3. El desafío matemático en general no supuso una barrera ya que los niños ingresan a 1er año con conocimientos básico de conteo y de adición. Se observó en este caso que, una vez superado (o eliminado) el desafío, los niños se enfocan en aspectos más avanzados del juego como la obtención de premios, el puntaje ganado e incluso la elaboración de estrategias para la obtención de mayor puntaje en menor tiempo.

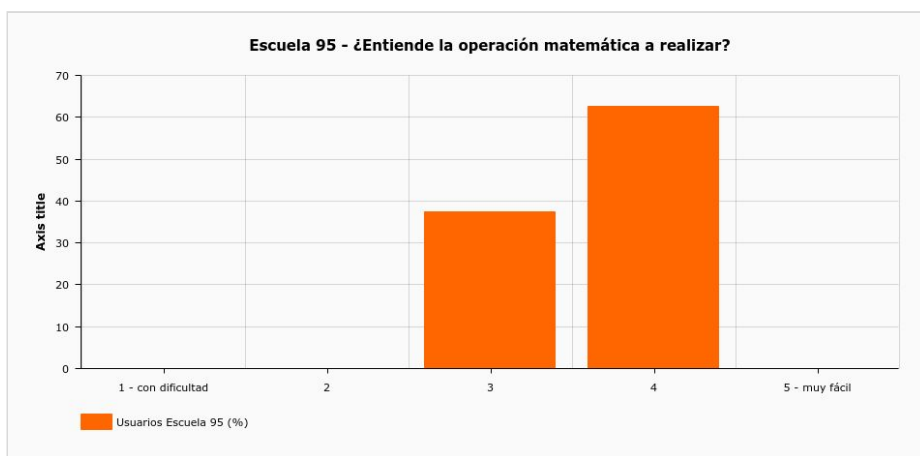


Imagen 17. Gráfico: Escuela 95. ¿Entiende la operación matemática a realizar?

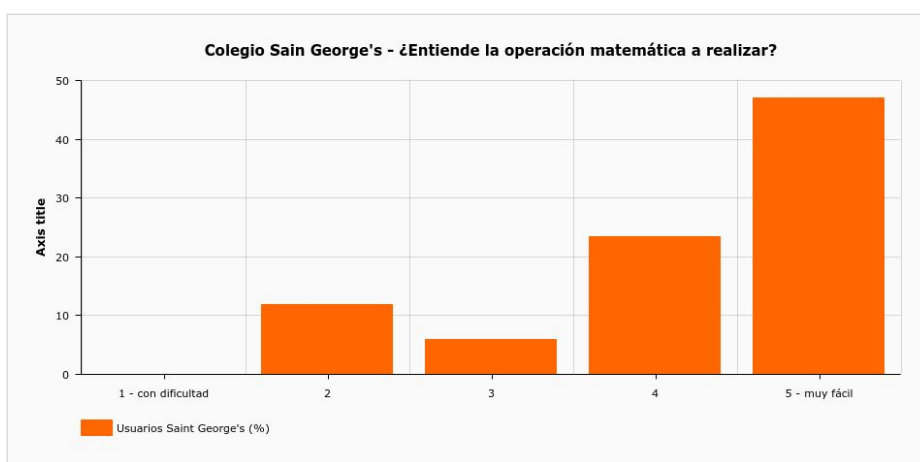


Imagen 18. Gráfico: Colegio Saint Georges. ¿Entiende la operación matemática a realizar?

Efectividad:

Se realizaron mediciones del tiempo utilizado en completar el nivel propuesto.

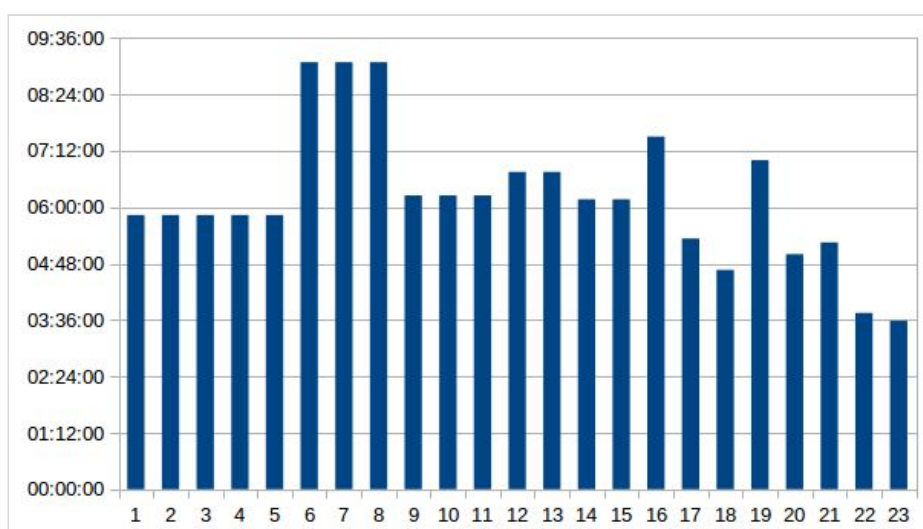


Imagen 19. Gráfico: tiempo utilizado para completar el nivel propuesto (de juego numbers)

Si bien la efectividad en la usabilidad de videojuegos no busca necesariamente la rapidez por completar una determinada tarea, en este caso permite observar el caso de los participantes que presentaron mayor dificultad de resolución del desafío, requiriendo una mayor asistencia.

El promedio por etapa completada se ubica en 6'13", lo cual está acorde a las pruebas previas realizadas en laboratorio donde se obtuvieron tiempos cercanos a los 6 minutos para los niveles de conteo y de 4 minutos para la adición.

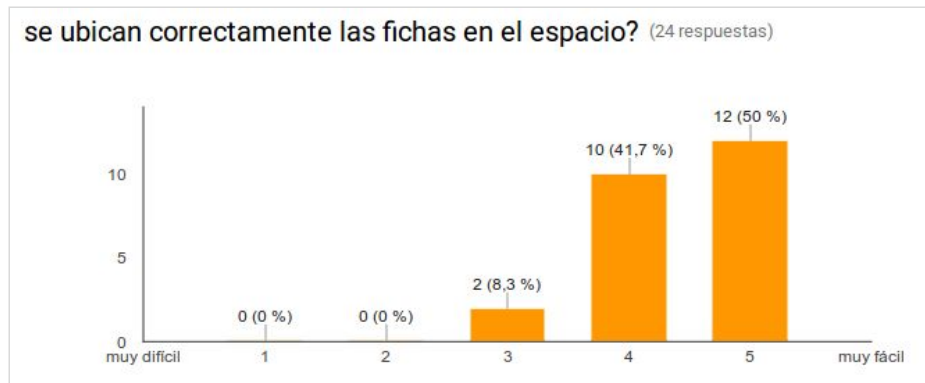


Imagen 20. Gráfico: ¿se ubican correctamente las fichas en el espacio?

Por otra parte se observó que más del 90% encuentran facilidad para ubicar las fichas en el área de captura sobre la mesa. Una minoría presentó problemas de superposición de fichas o cubrirlas parcialmente con la mano, lo cual dificulta la detección por parte del dispositivo.

Inmersión:

Para determinar el grado de integración con el mundo virtual se utilizó la técnica de co-descubrir mediante preguntas como: ¿porqué hay burbujas de otro color?, ¿qué habrá en esa caja?, ¿ese anzuelo será bueno?, ¿por qué estará el pez en esa burbuja?.



Imagen 21. Gráfico: ¿el usuario demuestra interés en el mundo virtual?

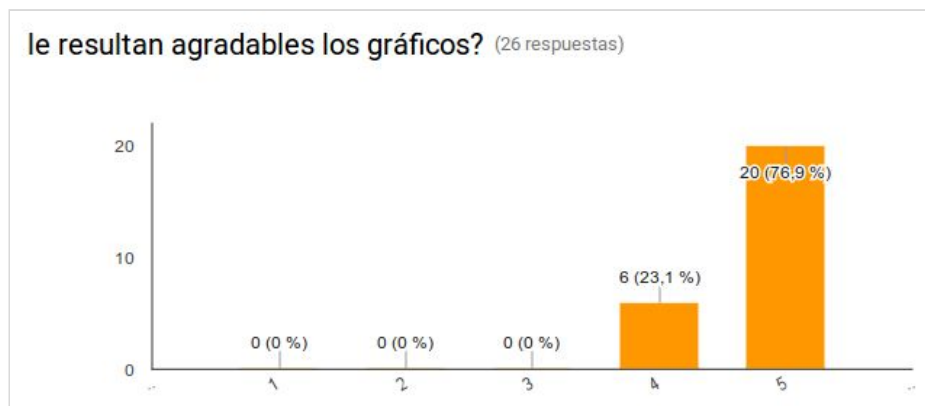


Imagen 22. Gráfico: ¿resultan agradables los gráficos al usuario?

Se observa que todos los participantes tuvieron un gran interés en el mundo virtual. Hubo una gran atracción hacia los efectos especiales generados al explotar burbujas y también hacia los personajes principales (peces). En ningún caso se percibió aburrimiento o desinterés en lo que ocurría en la pantalla.

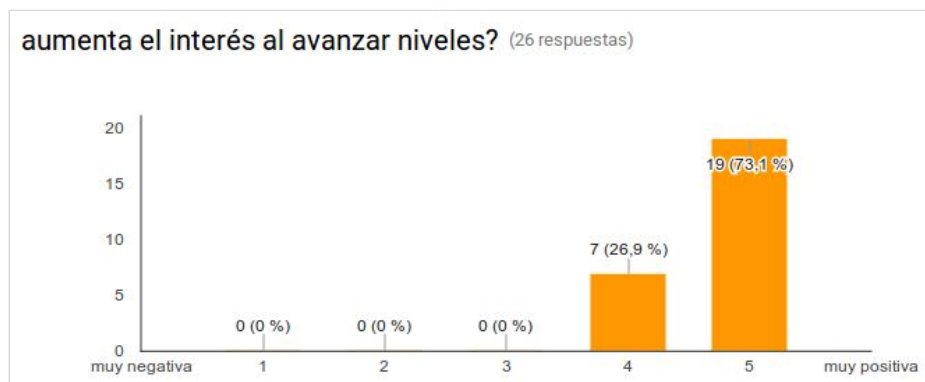


Imagen 23. Gráfico: ¿aumenta el interés al avanzar niveles?

Si bien no se pudo comprobar el interés de un mismo participante al avanzar varios niveles, debido a las dinámicas y disposiciones de ambos centros, sí se pudo comprobar un aumento de interés desde el inicio hacia el final de la etapa y al cambiar los “turnos” de cada evaluador.

También resulta notable el aumento del interés en la participación de los compañeros que aguardan su turno, produciéndose de forma natural la asistencia entre pares.

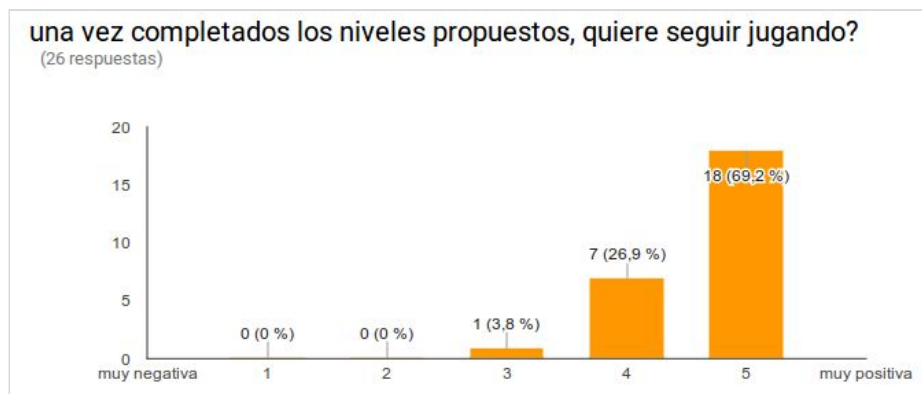


Imagen 24. Gráfico: ¿una vez completados los niveles propuestos, quiere seguir jugando?

Se vió que una vez finalizado el nivel propuesto y obtenido el puntaje, la tendencia natural fue la de querer avanzar al siguiente nivel. Muchos presionaron la pantalla para avanzar al siguiente nivel casi instintivamente. Otros, más tímidos, preguntaron si podían hacer el siguiente o permanecían observando la pantalla esperando indicaciones.

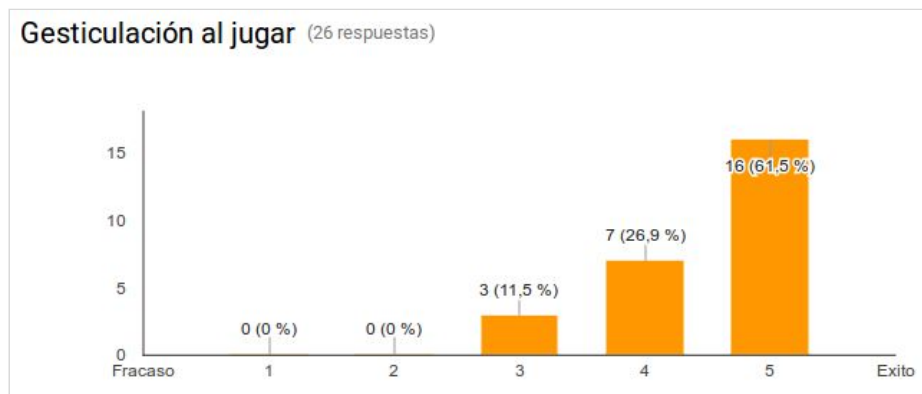


Imagen 25. Gráfico: ¿cómo observa la gesticulación del usuario al jugar?

En general los participantes expresaron sentimientos positivos a través de gestos de alegría, asombro y fascinación. En algunos casos al inicio se percibió cierta indiferencia hasta que se comprendía la dinámica del juego y luego la tendencia era positiva. En ningún caso se percibió aburrimiento ni gestos de rechazo o de fracaso.

Preguntas abiertas:

Al finalizar la evaluación se realizaron 3 preguntas abiertas:

- ¿Te pareció fácil o difícil?
- ¿Qué fue lo que más te gustó?
- ¿Qué fue lo que menos te gustó?

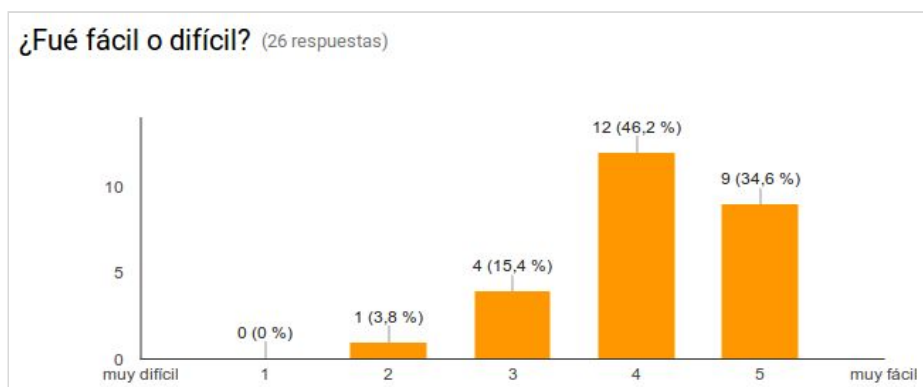


Imagen 26. Gráfico: ¿fué fácil o difícil?

Ante la pregunta sobre la dificultad la tendencia general fue responder que fue fácil o muy fácil. Al repreguntar sobre qué aspectos encontraban fáciles algunos asumieron tener dificultad con las operaciones. Al igual que en la evaluación de dificultad de las operaciones propuestas, aquí también se da el mismo tipo de diferenciamiento entre la Escuela N°95 y el St. George's.

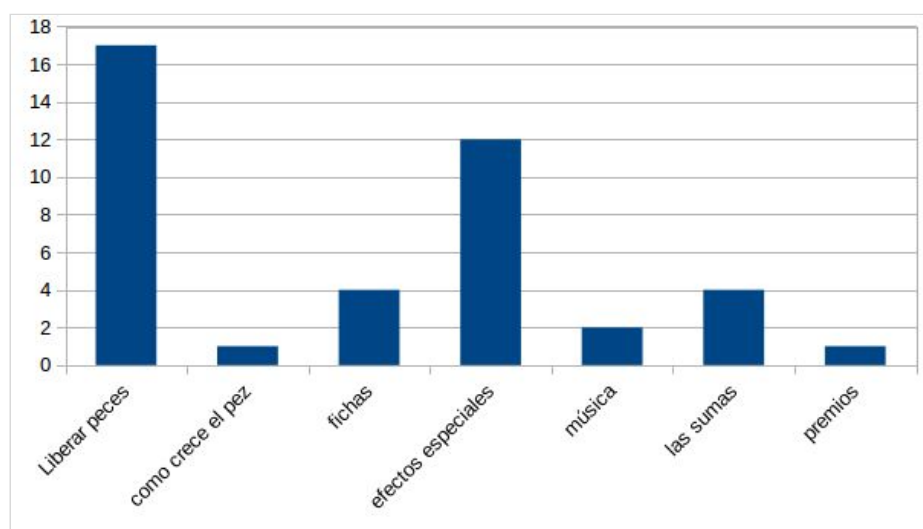


Imagen 27. Gráfico: ¿qué fué lo que más te gustó?

En cuanto a los aspectos preferidos del juego se ve claramente la atracción por los personajes, la liberación de los peces. Le siguen los efectos especiales que aparecen al explotar un conjunto de burbujas y la manipulación de las fichas para representar las sumas también despiertan gran interés.

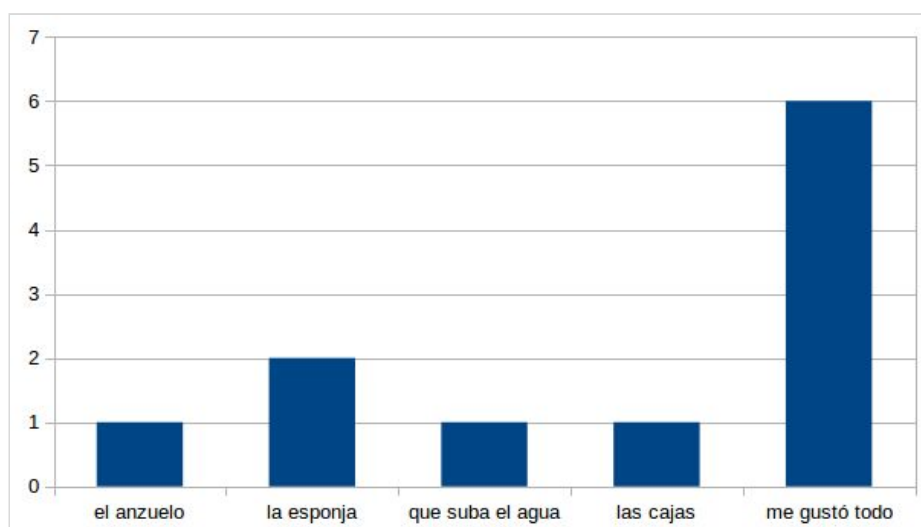


Imagen 28. Gráfico: ¿qué fue lo que menos te gustó?

Si bien la mayoría encontró todos los aspectos positivos, se mencionaron como negativos el caso del anzuelo, que ocasionalmente aparece para sacar un pez (previamente liberado) del agua y otros elementos como la esponja y las cajas, que a pesar de ser beneficiosos dentro de la dinámica del juego (aumento de puntaje y retraso del fin del juego) eran percibidos como negativos por algunos participantes.

Resultados de la evaluación

Analizando los datos recabados y en base a los registros, se puede extraer algunos aspectos relevantes a considerar para el diseño tangible y la interfaz de CETA.

El componente de mayor importancia es la inmersión que tiene el niño a la hora de jugar, lo que genera las condiciones óptimas para poder aprender conceptos matemáticos, como en este caso. También se pudieron comprobar detalles, como el hecho que exista una historia con un personaje al que “le ocurren cosas”; esto es algo que ayuda a los niños no sólo a tomar decisiones, sino también a valorar aspectos como recompensas, preocuparse si tiene comida, cuando es liberado, más allá de los puntos generados por el juego.

Los niños, aunque al principio tímidos, mostraron una gran inmersión en el juego. En particular, los gráficos y los colores generaron mucha fascinación en ellos, lo que se vió incrementado con el agregado de la música y los efectos especiales como rayos, plantas, lo que da varios insumos a tener en cuenta en el planteo de los requisitos de diseño en la nueva aplicación.

En cuanto al comportamiento de los niños, más allá de la orientación que el juego plantea y que fueran observados específicamente, hubieron otros que se entienden como relevantes y dignos de mención:

- Niños que intentaban resolver la problemática planteada tocando la pantalla, aunque esto no hiciera sentido a la propuesta del juego.
- Niños que no percibían los límites de la zona de ubicación de las fichas, como requerimiento para poder activar y/o continuar el juego.

Si bien ambas escuelas trabajan con el mismo programa curricular y por lo tanto los contenidos son equiparables, el Colegio St. George cuenta con laboratorios específicos destinados a la experimentación y aprendizaje de tecnologías innovadoras, mientras que la escuela N°95 sólo cuenta con el espacio de aula tradicional; esto se tradujo en diferencias en la disposición, soltura y aptitud de los niños al interactuar con el dispositivo. Si bien la muestra es muy pequeña como para aventurar una afirmación fuerte, se puede atribuir también en parte a ese hecho, las diferencias obtenidas en los resultados temporales de los niños de ambas escuelas, como ser: cumplimiento de las tareas y comprensión del sentido del juego.

3.2 Fase 1. Prueba de concepto.

Esta etapa incluye el desarrollo de las tareas y la definición de los materiales concretos, a partir de reuniones de trabajo con el equipo e invitados expertos en distintas disciplinas (Magisterio, Videojuegos, Arte y Comunicación) y tomando como insumo los resultados de la prueba de usabilidad con OSMO. Para esto se emplean simuladores y modelos de control con el fin de evaluar distintos aspectos del dispositivo.

En esta fase se realizó una evaluación con usuarios de los modelos primarios de CETA en la Escuela N°32 “Simón Bolívar” y se generan insumos para la Fase 2.

3.2.1 Ideación

A partir de las primeras reuniones con el equipo CETA y maestras invitadas se realizó una exploración de posibilidades para definir el material concreto.

Se llevaron a cabo una serie de reuniones en la cual participaron integrantes de CETA, maestras y especialistas arte y en narrativa de videojuegos. En esta instancia se realizó una dinámica brainstorming, con el objetivo de explorar a nivel formal distintas posibilidades de materiales concretos, empleando como eje la línea numérica.

Luego, como resultado de la actividad se elabora una lista de requisitos que a priori deberá tener el material concreto o “tangibles”:

Requisitos básicos:	Requisitos optativos a explorar:	Requisitos técnicos (ingeniería):
<ul style="list-style-type: none">- Piezas diferenciadas representando valores del 1 al 5.- Piezas de distintos tamaños.- El tamaño varía de forma proporcional al valor de la pieza.- Fabricación de bajo costo.	<ul style="list-style-type: none">- Piezas de distintas formas.- Piezas volumétricas (3D).- Piezas acoplables.- Identificación por color.- Piezas con sub unidades.- Construcción de líneas numéricas.	<ul style="list-style-type: none">- Incorporación de marcadores para SVC.- Tamaño de piezas tal que acopladas queden comprendidas dentro de la zona de detección.

Tabla 5. Requisitos elaborados en Fase 1.

Videojuego

El desarrollo de la aplicación se centró en las actividades de estimulación cognitivas. A partir del marco teórico y los objetivos del proyecto, se definieron actividades enfocadas en la adquisición de los conceptos de cardinalidad, línea numérica, secuencia de conteo y composición aditiva.

Mecánica del juego:

La mecánica de videojuego propuesta por el equipo se basó en un desafío mediante el cual un personaje recolecta elementos, por ejemplo monedas, mientras se desplaza a diferentes alturas o distancias del punto de partida a lo largo de una línea numérica. Para resolver el desafío el jugador debe seleccionar uno o más elementos tangibles, de manera tal que la suma de sus valores coincida con el número correspondiente a la ubicación de la moneda, y ubicarlos sobre la mesa dentro del área de detección. Una vez ubicados los objetos tangibles, la aplicación los detecta y muestra en pantalla la representación abstracta de los objetos de la mesa y la reacción de los personajes (desplazamientos), indicadores de actividad correcta o incorrecta, niveles, puntos, etc.

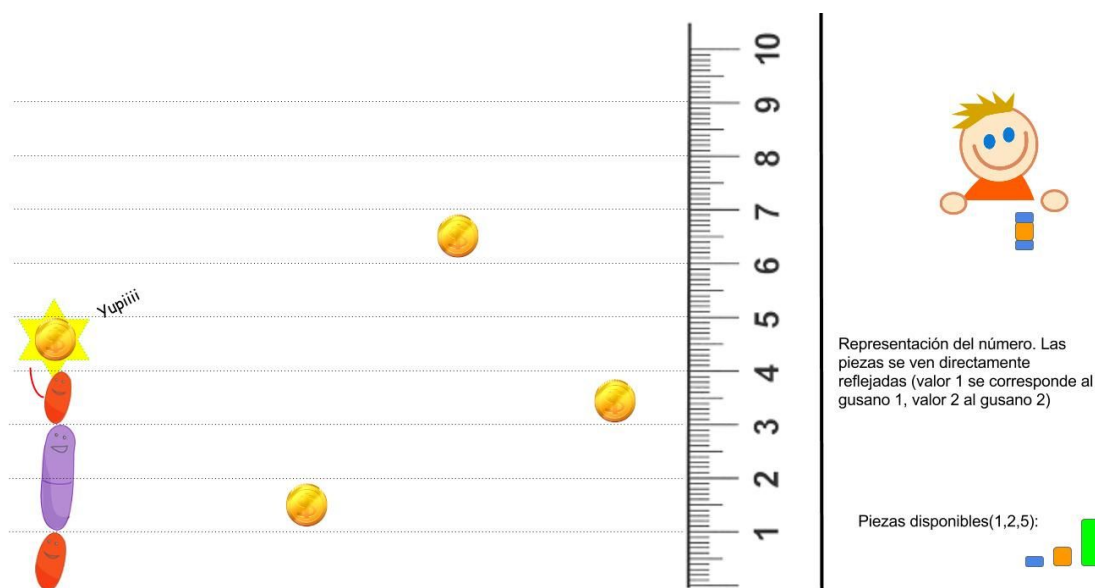


Imagen 29. Ejemplo de actividad propuesta por el equipo de desarrollo del videojuego en reuniones iniciales de CETA. Objetivo: juntar moneditas; Estimulación: representación del número, línea numérica y composición aditiva.

El videojuego presenta una diagramación sectorizada, en la cual se destinó un espacio para la representación abstracta de los objetos identificados que el jugador ubicó en la mesa y un espacio de juego donde sucede la dinámica de acción de los personajes y los indicadores. Se previó además un espacio adicional donde se visualiza un conjunto de piezas digitales análogas a las físicas, para el desarrollo alternativo de una versión 100% digital del videojuego.

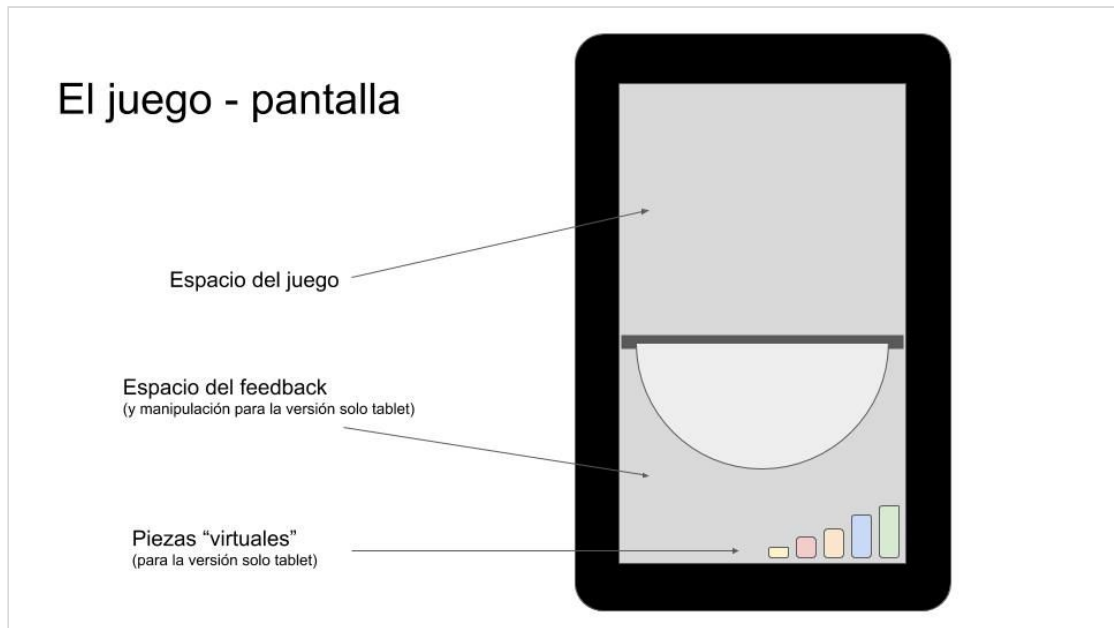


Imagen 30. Diagramación general del videojuego desarrollada por el equipo de desarrollo del videojuego.

Narrativa:

A partir de las sesiones iniciales de brainstorming se optó porque la narrativa del videojuego fuera dentro de un universo de Robots. En este universo, los personajes son imaginarios y pueden experimentar transformaciones sin límites, lo que habilita a crear analogías fieles a las operaciones matemáticas que se desean representar. Los robots pueden acoplarse, cambiar de tamaño, volar, etc.

El juego - personajes

Robots

- Pueden cambiar de altura
- Pueden "acoplarse" (ponerse uno arriba del otro)
- Un personaje imaginario sin limitaciones de lo que puede y no puede

Un robot protagonista.

Imagen 31. Propuesta de personajes presentada por el equipo de desarrollo del videojuego.

3.2.2 Desarrollo

Exploración de alternativas tangibles

Piezas volumétricas:

Se realizaron piezas modulares para explorar manipulables volumétricos.

El uso de 3 dimensiones para realizar variaciones proporcionales en los manipulables resultaba atractivo, ya que de esta manera se representan las cantidades de manera natural.

Sin embargo, esto presenta la dificultad del uso del sistema de visión por computador ya que dentro de una dinámica libre de juego, una pieza puede quedar oculta detrás de otra, dificultando el reconocimiento por parte del sistema.

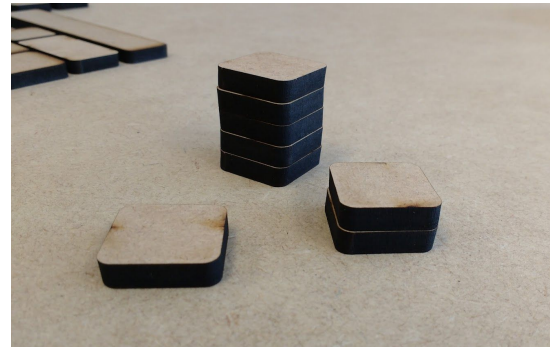


Imagen 32. Piezas volumétricas con cambio de alturas.

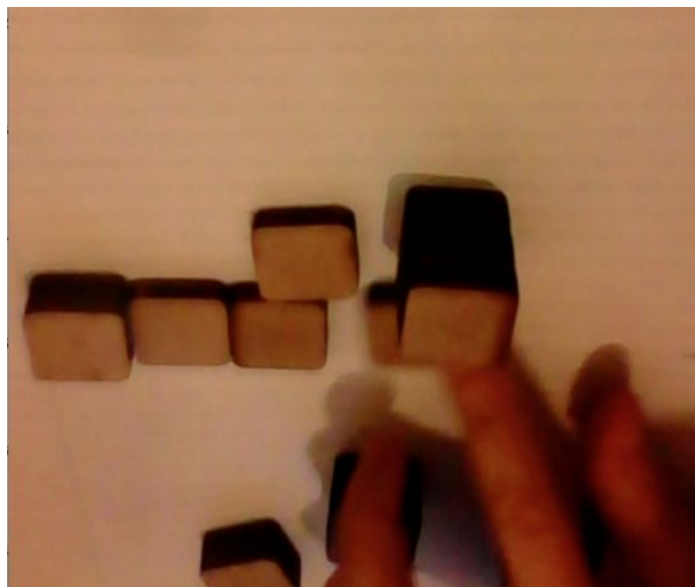


Imagen 33. Ocultamiento de piezas volumétricas

Piezas planares

Se exploraron varias alternativas, buscando una pieza de base modular que pudiera ser considerada como “unidad” y permitiera trabajar la línea numérica. Finalmente el formato planar bidimensional resultó lo más adecuado para utilizar con el sistema de visión por computador utilizado. Este formato soluciona el problema del ocultamiento y es óptima para corte láser, ya que minimiza la quemadura en los cantos y el posterior procesado de cada pieza. Se utilizó como inspiración el sistema de regletas Cuisenaire. La pieza que representa el número 1 (unidad) tiene un formato cuadrado, y la variación de tamaño se realizó en una dimensión proporcionalmente al tamaño de la unidad (1x1, 2x1, 3x1, etc.). Esta solución permite utilizar el área de detección completa y da la posibilidad al usuario de formar líneas numéricas o utilizar libremente el plano, potenciando diversas posibilidades de juego y de input para el software.

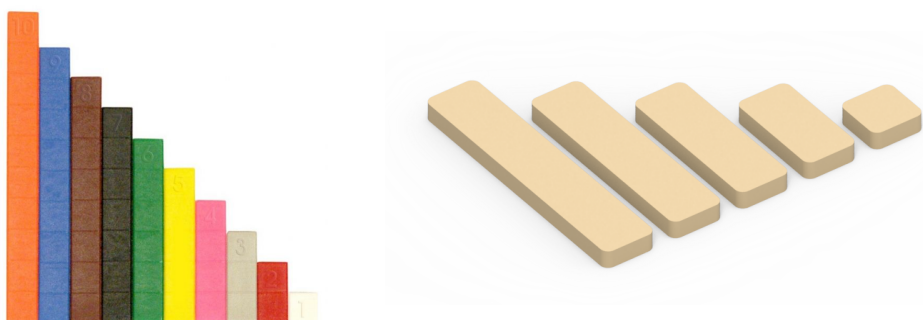


Imagen 34. Regletas Cuisenaire (izquierda). Render de piezas formato bidimensional (derecha).

Piezas acoplables

Exploración de piezas acoplables usando imanes. Se decidió incorporar estos elementos por dos razones, para enriquecer la experiencia sensorial en la manipulación por un lado, y para generar que las piezas acopladas se “fusionaran” trabajando la analogía de lo que sucede con los números. De esta manera, y como el tamaño de las piezas varía proporcionalmente a partir de la unidad se consigue que las piezas acopladas, tengan el mismo tamaño que la pieza de los valores sumados. Por ej. si se acopla la pieza de valor 2 con la de 3, el tamaño de ambas acopladas es comparable a la pieza de valor 5.

Se experimentó con dos tipos de imanes disponibles en plaza. En una primera instancia se usó imán plástico (comercializado como planchas imantadas) pero la fuerza magnética resultó ser muy débil. Al levantar dos piezas o más piezas acopladas se desarmaban.

Luego se probó utilizando imanes de neodimio de distintos tamaños y se llegó a una medida aceptable, que permitió acoplar y desacoplar las piezas con un mínimo esfuerzo y que al mismo tiempo mantiene las piezas sujetas. Además, son elementos que se consiguen en plaza, facilitando la fabricación en un futuro por parte de los usuarios.

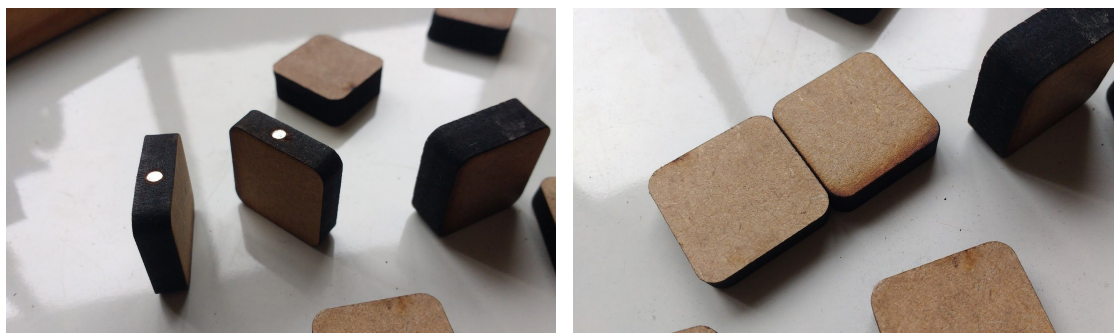


Imagen 35. Modelos de piezas en MDF con imanes.

Tamaño y forma

Se exploran distintas formas y tamaños, teniendo en cuenta tres variables principales.

- Medidas antropométricas del usuario (Ver 3.1.1 Análisis de Usuarios)
- Posibilidad de formar líneas numéricas
- Representación hasta el número 10 dentro del área de detección

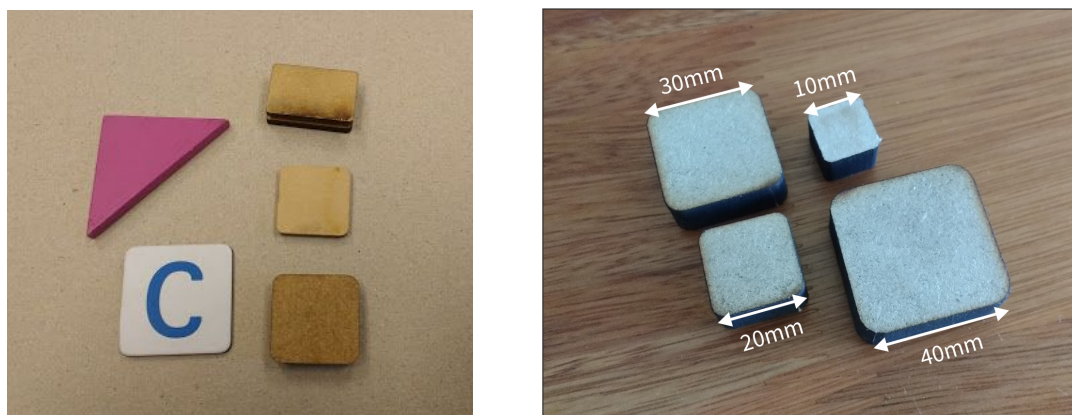


Imagen 36. Ensayo con distintas formas y espesores. Cuanto mayor es el grosor de material y el movimiento del láser aumenta el quemado de la pieza.



Imagen 37. Ensayo con distintas formas y espesores. Cuanto mayor es el grosor de material y el movimiento del láser aumenta el quemado de la pieza.

Por otra parte, tomando como antecedente el diseño de las regletas Cuisenaire, los materiales Montessori y del método Singapur, se utiliza el color como recurso para facilitar el reconocimiento del valor de cada pieza y la subdivisión en unidades para propiciar la actividad de conteo, acción que también fue observada en las pruebas de OSMO.



Imagen 38. Piezas planares con subdivisiones e imanes.

Espejo y soporte

Se elaboraron maquetas de estudio de soporte y espejo articulado con la finalidad de determinar los ángulos óptimos entre los elementos tablet, superficie e imagen generada por la webcam. Estas maquetas permitieron trabajar en conjunto con el equipo de ingeniería en determinar la cantidad de manipulables visualizados en simultáneo y el área de detección proyectada sobre la mesa.

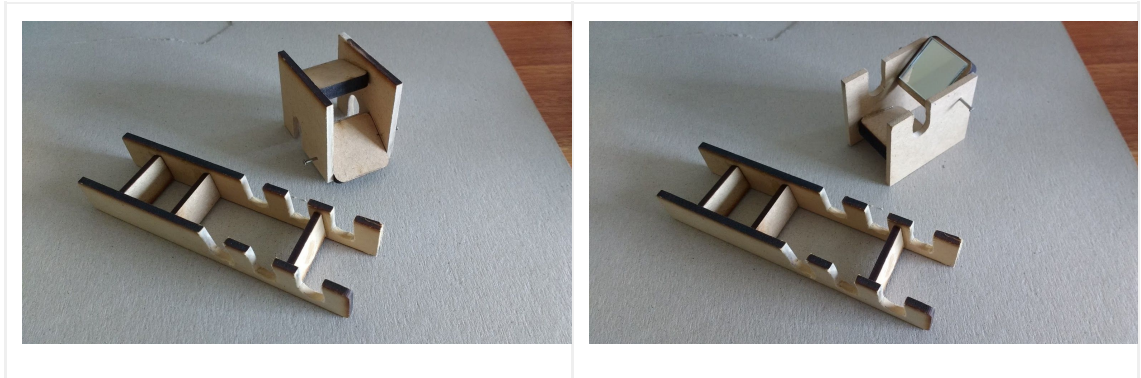


Imagen 39. Maqueta articulada para determinar ángulos de tablet y espejo.



Imagen 40. Ensayos con maqueta para probar el sistema de visión.

3.2.3 Evaluación

Se realizó una evaluación en la Escuela N°32 “Simón Bolívar” en la que participaron 19 niños de un grupo de primer año. Esto permitió probar los desarrollos del dispositivo directamente con los usuarios meta desde el inicio.

Para esta Fase se realizó una evaluación de las piezas planares y acoplables desarrolladas. Se montó una estación de evaluación en un Aula asignada al equipo evaluador y se utilizó el mismo mobiliario que usan los niños a diario. Además se evaluó el desarrollo de la aplicación BrUNO y se realizaron observaciones en cuanto a la interacción con el dispositivo y las posturas y movimientos de los usuarios.

Técnicas utilizadas

Al igual que en la prueba de usabilidad con OSMO, se empleó observación directa e indirecta (mediante registros en video).

Para evaluar la interacción con el sistema se utilizó la técnica del Mago de Oz. Esta técnica consiste en simular la funcionalidad de un sistema aún no desarrollado, mediante el control manual por parte de uno de los evaluadores (mago). De esta manera, el niño interactúa con el dispositivo y ve en pantalla imágenes del juego. Paralelamente el “mago” -que está observando lo que el niño hace- activa manualmente las acciones en otra tablet que dispara el feedback en el dispositivo del usuario.



Imagen 41. Estación de evaluación en Escuela Simón Bolívar.

Protocolo de evaluación

La recolección y análisis de los datos se realizó a partir de la observación participativa por un equipo de 6 investigadores con distintos roles asignados: registro audiovisual, preparación de los dispositivos, comunicación con la maestra responsable, llevar y traer los niños desde/hacia su salón. Cada investigador realizó sus anotaciones personales sobre lo observado. Luego de la evaluación se realizó una reunión de puesta a punto para reelaborar los requisitos de diseño, a partir de las observaciones de cada uno y del análisis de los registros audiovisuales.

Aspectos evaluados

- Interés de los niños por el juego “Bruno”, en desarrollo por el equipo de ingeniería.
- Manipulación de las piezas tangibles. Tamaño, forma, uso para conteo, uso de los imanes.
- Interacción física. Uso del espacio de la mesa, postura de los usuarios.
- Área de reconocimiento. Necesidad de delimitación de la zona de detección de las piezas.
- Propuesta “diseña tus propias piezas”. Observar cómo interpretan los materiales tangibles los usuarios, a partir de la dinámica de interacción propuesta por el dispositivo ITU.

Resultados y observaciones

En general, se observó que los niños concurrieron a la evaluación motivados por la novedad de probar un videojuego y ser partícipes del desarrollo. Una vez que comenzaron a jugar con el videojuego (con interacción simulada mediante Mago de Oz) mantuvieron el interés, aunque, a diferencia de lo que sucedió con OSMO, no fue sostenido a lo largo del tiempo.

Feedback. Se observa que el factor tiempo de respuesta -de reconocimiento de las piezas y de respuesta del sistema- es un factor importante a optimizar. Se observaron casos en los que se ponían y sacaban las piezas demasiado rápido, en una modalidad ensayo y error. Esto, a pesar de estar bajo la modalidad Mago de Oz en la que manualmente se activaba la respuesta, no daba tiempo a la aplicación a procesar el resultado.

Aquí se evidencia la necesidad de optimizar tiempos de feedback en general. Incorporar feedback visual para indicar al usuario la correcta detección de las fichas ubicadas en el área de detección, establecer un tiempo entre que el niño termina de ubicar las piezas y se envía el resultado al sistema (action submit)

Área de detección. A partir de lo observado en la evaluación de OSMO, sobre la dificultad de varios niños en cuanto al reconocimiento de los límites de detección, se exploró con algunos usuarios la delimitación del área efectiva de interacción sobre la mesa. En este sentido se observó la tendencia, en los usuarios que tenían el área delimitada, a organizar las piezas en función de los límites. Por otra parte, los usuarios que no tenían límites definidos requerían una indicación externa (proporcionada por el equipo investigador) para comprender la situación de no-reconocimiento de las piezas.

A partir de esta exploración, surge la discusión de si la utilización de la guía efectivamente podía ser un aporte o, por el contrario, limitaba la libertad de uso del espacio.

Posturas y movimientos. No se observan dificultades significativas en el uso del dispositivo sobre la superficie de la mesa, sin embargo algunos niños tienden a flexionar el cuello debido a la inclinación y altura de la tablet respecto a la mesa (ver imagen 43). Este aspecto se revisó para la Fase 2. Por otra parte, considerando el hecho que no todas las Escuelas cuentan con el mismo mobiliario, se considera incluir recomendaciones ergonómicas una vez que el producto se extienda al público de forma extensiva.

Piezas tangibles. Se observa que el uso de imanes aumenta la motivación durante la interacción con el dispositivo y fomenta la actividad de juego con el material tangible.

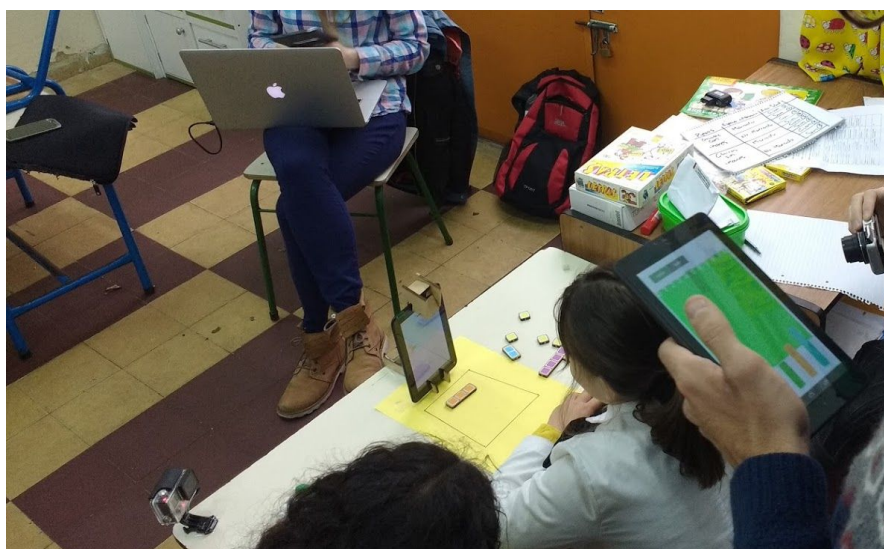


Imagen 42. Niña jugando con BrUNO y evaluador “mago” accionando el feedback manualmente.



Imagen 43. Niña utilizando el dispositivo en mobiliario escolar.



Imagen 44. Niña creando piezas con plastilina.

Al finalizar la evaluación se realizó una dinámica con los participantes, en la que se les consultó cómo se imaginaban los números y cómo construirían sus propias piezas. Utilizando plastilina, cada uno materializó un set de “piezas”.



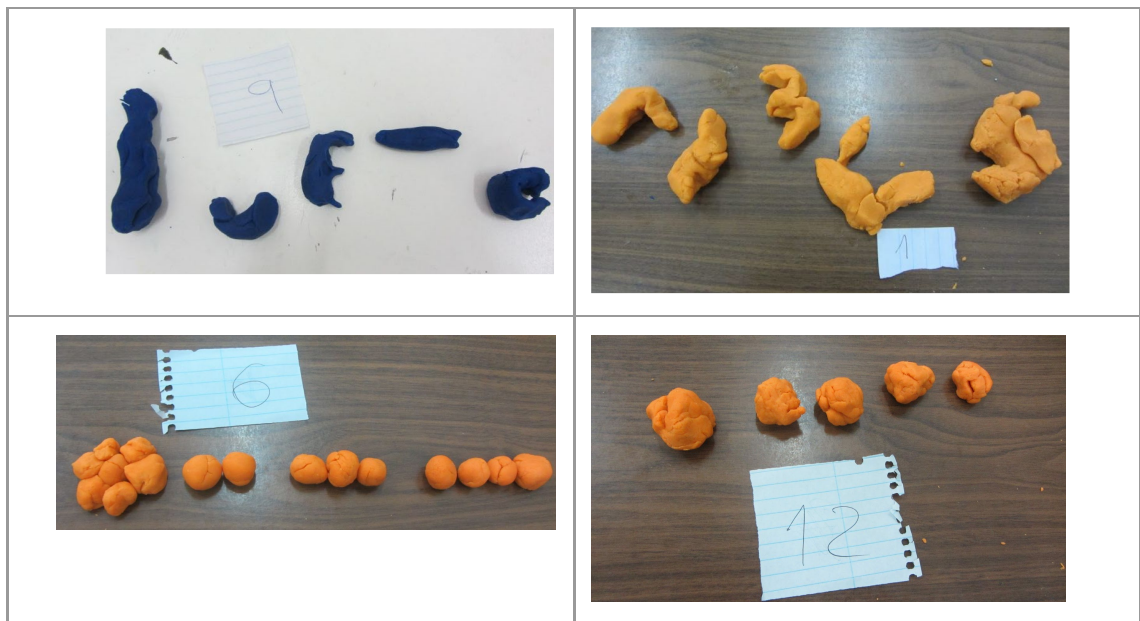


Imagen 45. Números imaginados por los usuarios.

Observando los resultados se evidencia el uso del tamaño para representar las cantidades, también la agrupación de elementos para el conteo o la analogía con la forma de los números arábigos.

3.3 Fase 2. Piloto

A partir de las observaciones resultantes de la Fase 1, se realizó una segunda iteración en el diseño.

En esta Fase, se reelabora la tabla de requisitos, se avanza en el desarrollo y se vuelve a evaluar en la Escuela N°32 con el mismo grupo de usuarios.

3.3.1 Ideación

La etapa de ideación contempló una nueva iteración en el proceso de diseño del dispositivo. Se incorporan como insumos los datos extraídos de la Fase 1 y los avances que paralelamente llevó a cabo el equipo de ingeniería para iterar principalmente en el diseño de los manipulables y la resolución del soporte.

Marcadores

En esta Fase se evaluó el software encargado del reconocimiento de los manipulables, uno de los aspectos más importantes para la interacción. Para esto el equipo de ingeniería planteó como requisito técnico la incorporación indicadores gráficos (marcadores) TopCode

¹², que tienen un funcionamiento análogo a los códigos QR, para reconocer los valores de las piezas.

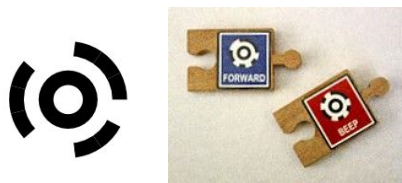


Imagen 46. Marcador TopCode y aplicación

Los marcadores son utilizados para identificar de forma única cada pieza en la imagen generada por la webcam. Esto permite obtener como input qué piezas son ubicadas en el área de detección y de qué manera están posicionadas espacialmente sobre la mesa.

Para incorporar los marcadores a los manipulables se discutieron distintas formas tomando como insumo las observaciones de la Fase 1. Se decidió entonces utilizar N marcadores iguales por pieza, donde N corresponde al valor de la pieza (por ej.: la pieza 2 tiene 2 símbolos idénticos, la pieza 3 tiene 3, etc). Esta decisión se toma a partir de las observaciones de la prueba de usabilidad con Osmo, donde se detectó que los usuarios tienden a cubrir parcialmente las piezas con la mano. De esta manera, se maximizan las posibilidades de que quede un código visible que permita identificar la pieza. Por otra parte, los códigos pueden ser utilizados para el conteo, como fuera evaluado en la Fase 1. En cuanto al aspecto visual del marcador TopCode, desde el equipo de ingeniería se planteó como restricción técnica que el marcador debe ser negro o tener valores bajos del modelo de color RGB, ya que el software se basa en el contraste de imagen para el reconocimiento. Dado este requisito, se exploraron distintas opciones cromáticas para los símbolos de los marcadores, de manera de cumplir el requisito funcional de reconocimiento pero que a su vez incorpore un lenguaje visual que mantenga la diferenciación de cada pieza, sea atractivo para el niño y esté en diálogo con la temática de los robots propuesta para el videojuego (ver 3.2.1).

Soporte para la tablet

De acuerdo a las observaciones realizadas en la Fase 1, algunos niños adoptan posturas forzadas debido a la posición vertical de la tablet -necesaria para la óptima detección de los manipulables- y la baja altura respecto a la mesa. Por otra parte, el equipo de ingeniería

¹² M Horn. 2012. TopCode: Tangible Object Placement Codes. Recuperado desde <http://users.eecs.northwestern.edu/~mhorn/topcodes/>.

planteó como requisito funcional que la tablet estuviera a mayor altura respecto de la mesa. Esto permitiría ampliar el área de visión compensando la baja calidad de la webcam utilizada.

Entonces, se buscó elevar la tablet para poder atender los requisitos anteriores. Se determinó empíricamente una altura de 10cm para el borde inferior de la pantalla. Esto permitió ubicar hasta 10 piezas -en simultáneo- en el ancho y en el alto, contemplando todas las posibilidades de línea numérica ofrecidas por el juego.

Este punto es importante, ya que en todas las pruebas realizadas (tanto de OSMO como de CETA) se observa que el área de detección es un punto crítico, por lo tanto es deseable que el rango de detección de piezas sea lo más grande posible.

Por otro lado, esta altura introduce la problemática de la inestabilidad. El dispositivo de sujeción o soporte debe tener una forma tal, que el centro de masa del conjunto quede contenido dentro de la base y lo más al centro de su eje vertical. Además deberá tener un tamaño que permita ser transportado dentro de mochilas u otros contenedores que el niño utilice frecuentemente en el hogar, la escuela y durante el trayecto entre ambas.

A partir de la etapa de ideación se actualiza el listado de requisitos.

Requisitos básicos:	Requisitos optativos a explorar:	Requisitos técnicos (ingeniería):
<ul style="list-style-type: none"> - Piezas diferenciadas con valores del 1 al 5. - Piezas de distintos tamaños. - El tamaño varía de forma proporcional al valor de la pieza. - Fabricación de bajo costo. - Incorporación de marcadores en las piezas. - Materiales accesibles para fabricación digital. 	<ul style="list-style-type: none"> - Piezas acoplables. - Marcadores de color. - Fabricación digital simple. - Tamaño reducible para facilitar transporte. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incorporación de marcadores para SVC. - Altura de tablet: 10 cm.

Tabla 6. Listado de requisitos - Fase 2. En verde se indican los provenientes de la Fase 1 y en amarillo los de la etapa de ideación de la fase actual.

3.3.2 Desarrollo

A partir de los nuevos requisitos y las discusiones previas se procedió al desarrollo de nuevos prototipos de las piezas y el soporte para la evaluación de la Fase 2. En esta etapa se trabajó

junto al equipo de ingeniería en la resolución de distintos aspectos técnicos de los objetos utilizando modelos de control y maquetas elaborados por el equipo de diseño.

Piezas y marcadores gráficos (indicadores)

Se incorporaron los marcadores a los manipulables. Para mantener la identificación de cada pieza con un color, se agregó un fondo de color a cada marcador TopCode para diferenciar cada valor. También se generaron piezas con marcadores blanco-negro para estudiar ambas posibilidades.

En cuanto a las dimensiones, se desarrollaron piezas de 20x20mm y de 15x15mm (unidad) hasta 20x100mm y 15x75mm (número 5). Estas dimensiones se ajustan a las posibilidades de manipulación de los niños (ver 3.1.1 y 3.2.2) y permiten ahorrar espacio dentro del área de detección frente a otras piezas desarrolladas en la Fase 1.

Se generó un set de tangibles compuesto por 25 piezas. Esta cantidad responde a que se buscó permitir al usuario formar una decena con cualquier combinación de piezas que elija, incluso utilizando todas las piezas de un mismo valor. En este sentido, se brinda la posibilidad de formar la línea numérica mediante unidades, números pares, etc. Se agregó además una pieza extra de valor 5, para posibilitar el uso de número más grandes.

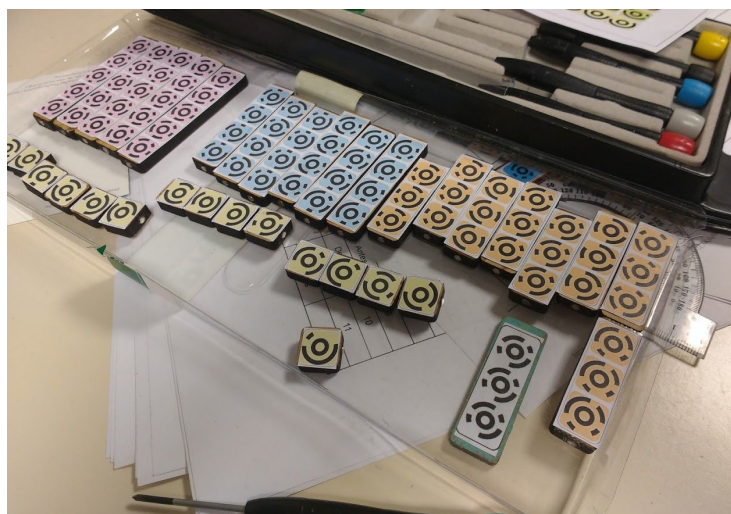


Imagen 47. Piezas con marcadores TopCode y fondo de color.

Soporte

A partir de la tabla de requisitos se exploran alternativas en cartón, por ser el material de menor costo y brindar diversas opciones de fabricación a los futuros usuarios finales, ya sea de forma doméstica con herramientas básicas o mediante técnicas de fabricación digital (corte láser).

Al utilizar cartón, y cumpliendo con el requisito de tener 10 cm de altura entre la tablet y la mesa, se observa el problema de la inestabilidad.

Se contempla la posibilidad de utilizar madera MDF para la siguiente iteración y seguir explorando en un futuro el uso de cartón mediante piezas de mayor volumen y troqueles.

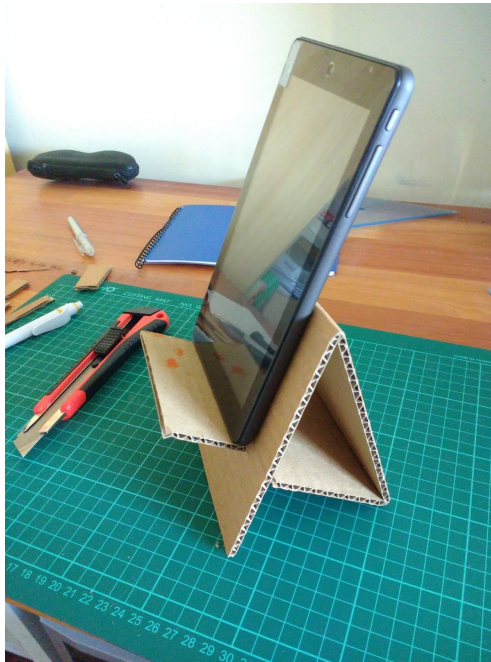


Imagen 48. Exploración de soporte plegable en cartón corrugado.

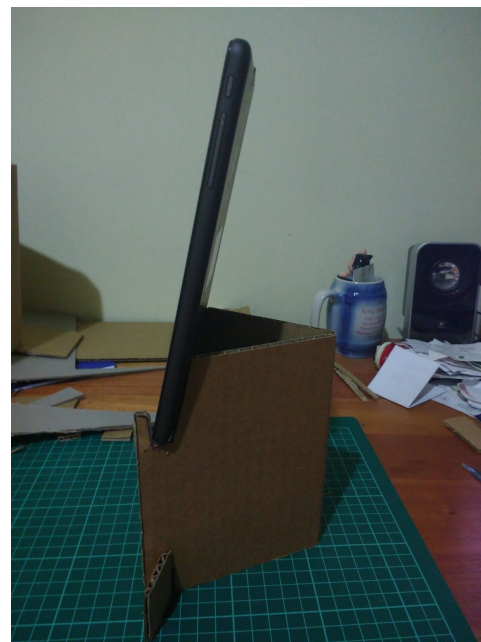


Imagen 49. Soportes en cartón. Altura 10cm.

Aspectos productivos

Para esta etapa, los prototipos fueron desarrollados utilizando los equipos de corte láser CNC de LabFab (FADU) y del Instituto de Ingeniería Mecánica (Fing). El vínculo con ambos lugares propició el intercambio de saberes y contribuyó con aportes y recomendaciones técnicas para mejorar la fabricación en general.

Durante la evaluación de esta Fase 2 se utilizaron distintos soportes en cartón realizados por el equipo y manipulables de MDF

3.3.3 Evaluación

A partir de los modelos desarrollados en la etapa anterior, se realizó una nueva evaluación para validarlos con usuarios reales. Para esto, se continuó trabajando con el mismo grupo de 1er año de la Escuela N°32 “Simón Bolívar”. En total participaron 18 niños, de los cuales la mitad ya habían tenido contacto con el juego durante las evaluaciones de la Fase 1. El contexto fue el mismo salón de clases que en la Fase 1.

Desde el equipo de diseño, se buscó evaluar la evolución de los prototipos de CETA, en particular el funcionamiento del software de reconocimiento desarrollado por el equipo de ingeniería, a través de la incorporación de los marcadores en las piezas tangibles. Además se evaluó la posición de la tablet con el soporte de mayor altura y la utilización del espacio de trabajo por parte de los usuarios.

En paralelo, además se evaluó el avance del videojuego BrUNO que, a diferencia de la Fase 1 en la que se empleó la técnica del Mago de Oz, en esta ocasión se utilizó el SVC para evaluar el sistema ITU completo.

Técnicas utilizadas

Al igual que en fases anteriores, la evaluación se basó en la técnica de la observación, directa e indirecta.



Imagen 50. Fase 2, Escuela Simón Bolívar. Niño jugando con manipulables.



Imagen 51. Fase 2, Escuela Simón Bolívar. Niña manipulando piezas de 20mm de ancho.

Protocolo de evaluación

Al igual que en la Fase 1 (ver 3.2.3), la recolección y análisis de los datos se realizó mediante una observación participativa por el equipo de investigadores con distintos roles asignados: registro audiovisual, preparación de los dispositivos, comunicación con la maestra responsable, llevar y traer los niños desde/hacia su salón. Luego de la evaluación se realizó una reunión de puesta a punto para reelaborar los requisitos de diseño, a partir de las observaciones de cada uno y del análisis de los registros audiovisuales.

Aspectos evaluados

En resumen, los aspectos que el equipo observó fueron los siguientes:

- Jugabilidad del juego “BrUNO”, aceptación del prototipo de videojuego, funcionalidad del SVC y feedback del videojuego.
- Manipulación de las piezas tangibles. Uso de los imanes, ¿se utilizan correctamente? ¿se emplean para construir la línea numérica?.
- Uso de los marcadores, ¿se utilizan los marcadores para el conteo?, ¿el uso de fondo de color en los gráficos representa alguna dificultad para el SVC?
- Interacción física. Uso del espacio de la mesa, postura de los usuarios.
- Área de reconocimiento. Necesidad de delimitación de la zona de detección de las piezas.

Resultados

A partir de las observaciones realizadas por el equipo y el análisis de los registros audiovisuales se pusieron en común los resultados.

Piezas manipulables. El modelo de imán se prefiere ante otras opciones. Se observa que el imán refuerza la idea de adición a través de la unión de las piezas, además que aporta un componente lúdico adicional al uso de los elementos tangibles. Por otra parte, se observa que la polaridad de los imanes provoca que los niños deban realizar varios intentos de acople de las piezas hasta encontrar la coincidencia positivo-negativo. Esto puede ser un factor distractor durante la interacción con el dispositivo, ya que puede desviar el foco atencional del usuario.

El tamaño de las piezas fue adecuado en las variantes de manipulables utilizados (20 y 15 mm de ancho) como se puede ver en la imagen 51. En este sentido el equipo acordó utilizar los más pequeños para optimizar el uso del área de detección. Al utilizar piezas más pequeñas es más fácil ubicarlas en donde sea detectada por el sistema de visión. Otro factor a tener en cuenta, fue el alto tiempo de dedicación que requirió la preparación de las piezas tangibles realizadas en MDF, debido al proceso de mecanizado manual necesario para eliminar el hollín dejado por el láser en cada pieza y la generación de orificios para incrustar los imanes.

Marcadores. Se observa que los marcadores se entienden como sub unidades de conteo. Se observan algunos problemas de detección de las piezas. Si bien en ensayos previos realizados por el equipo en la etapa de desarrollo la detección de los marcadores de colores era buena, en el aula pasó que algunas piezas no eran reconocidas correctamente a pesar de estar dentro del área de detección. Una posible causa de esto es la variación de las condiciones lumínicas entre la Escuela y el entorno de desarrollo de la Fing.

Soporte. Se observa que la altura de 10 cm es la correcta para detectar una línea numérica de 10 a 12 unidades, tanto en posición vertical como horizontal. También se observa que el área de detección sobre la mesa funciona correctamente con el mobiliario existente, permitiendo la interacción con las piezas tangibles dentro de los alcances de brazo de los usuarios y una correcta altura de visualización, lo cual evita que el usuario adquiera posturas forzadas.

Como contrapartida, se observa que los soportes de cartón utilizados presentan problemas de estabilidad para la situación de uso en el aula.

3.4 Fase 3. Experimental

A partir de lo desarrollado en las fases anteriores y del feedback obtenido durante las evaluaciones, se continuó con el desarrollo del dispositivo. En esta fase se realizó la última iteración de diseño con el objetivo de poner a prueba CETA en una actividad de evaluación más intensiva que incluyó la intervención en una escuela y la realización de pruebas matemáticas estandarizadas (a cargo del equipo de psicología).

En este caso, la intervención se realizó en la Escuela N°28 “República de Panamá”.

3.4.1 Ideación

Para esta etapa se buscó mejorar algunos aspectos observados en las etapas anteriores.

A partir de las observaciones realizadas en la etapa de evaluación de la Fase 2 se reformulan los requisitos de diseño para concluir la versión final que se utilizará para la evaluación en la escuela. En esta etapa se incorporaron requisitos relativos al aspecto visual del dispositivo y la identidad del mismo.

Requisitos de diseño del dispositivo ITU	Requisitos del equipo de ingeniería-psicología
Generales	
<ul style="list-style-type: none"> ● Fabricación de bajo costo. ● Materiales accesibles para fabricación digital. ● Código abierto. ● Aspectos formales - Identidad Ceibal 	
Piezas tangibles	
<ul style="list-style-type: none"> ● Piezas diferenciadas representando valores del 1 al 5. ● El tamaño varía de forma directamente proporcional al valor de la pieza. ● Fabricación de bajo costo. ● Capacidad de acoplarse para formar línea numérica. ● Indicadores de lateralidad y/o dirección. ● Dimensiones compatibles con dimensiones de la mano en niños de 6-7 años. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Marcadores de alto contraste. La imagen generada por la webcam debe tener valores RGB bajos para figura y altos para fondo. ● Dimensiones de los marcadores deben permitir 12 unidades secuenciales en el área de detección.
Soporte	

<ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones compatibles con dimensiones de la mano en niños de 6-7 años • Reducción de tamaño en situación de no uso o transporte • Minimizar caídas accidentales del dispositivo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Altura de tablet: 10 cm. • Posición perpendicular a la mesa.
Espejo SVC	
<ul style="list-style-type: none"> • Función de periscopio. • Superficie reflectante interna. • Debe permitir utilizar conector usb. • Debe proteger superficies de la tablet (evitar rayar pantalla o dañar componentes próximos). 	<ul style="list-style-type: none"> • Debe permitir la visualización de una línea numérica de 12 unidades. • Compatible con tablet ceibal.

Tabla 7. Tabla de requisitos Fase 3.

3.4.2 Desarrollo

Aspectos visuales

En esta etapa se trabajó en la identidad visual de CETA a nivel formal y comunicacional. Dados los lineamientos generales del proyecto, se buscó acercar el dispositivo a la familia Ceibal.

A partir del imago tipo de Plan Ceibal se realizó una exploración de los atributos formales y se extrajeron elementos de su lenguaje visual.

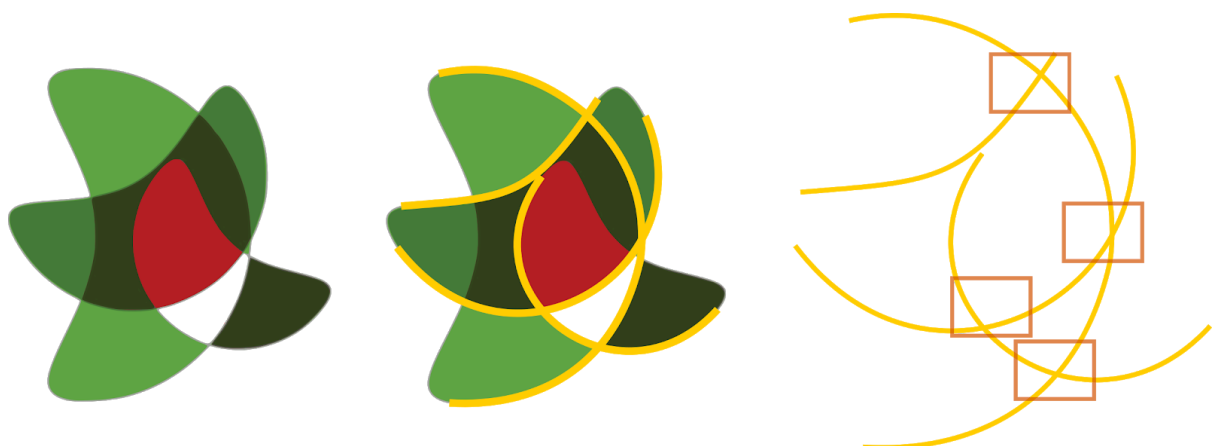


Imagen 52. Exploración de curvas e intersecciones a partir del imago tipo Ceibal.

Para los 3 elementos principales del dispositivo: base, espejo y piezas, se buscó aplicar las curvas “ceibal” y sus intersecciones.

Piezas tangibles

Marcadores gráficos (indicadores)

Se modificó el formato utilizado en las fases anteriores, reemplazando el fondo de forma cuadrada por un fondo circular. Dado que la figura tiene elementos que completan (perceptivamente) como circunferencias, se optó por esta forma para generar sobre cada pieza elementos identificables como *puntos* que favorecen el conteo. Además esto permitió ampliar el tamaño de la figura, maximizando el uso de la superficie de la pieza.



Imagen 53. Marcador circular - marcador cuadrado.

Se realizó un nuevo intento en cuanto a la incorporación de una paleta cromática a las piezas mediante el rediseño de los marcadores gráficos originales TopCode usando una paleta de colores que identifique cada pieza. Ya que el software reconoce valores bajos RGB (cerca de 0), se exploraron distintas configuraciones de manera tal que la figura tenga valores bajos de RGB y el fondo valores altos (entre 200 y 255).

Finalmente, luego de varios ensayos con el equipo de ingeniería en los que se probó el reconocimiento de los marcadores bajo distintas condiciones de iluminación, se optó por utilizar negro para la figura y mantener los colores de fondo. De todas maneras, la exploración de colores se deja pendiente para desarrollos futuros, en el caso que se mejore la calidad de cámara en las tablets ofrecidas por Plan Ceibal.

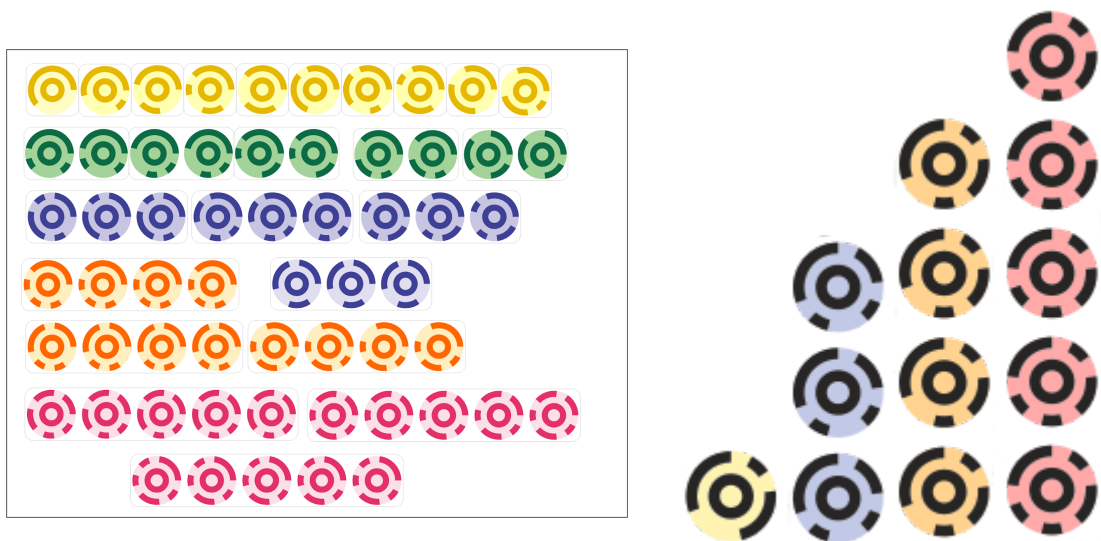


Imagen 54. Marcadores de colores testeados (izquierda) y marcadores finales (derecha).

Piezas

A partir de los nuevos requisitos, se modificó la forma de las piezas añadiendo una curva en cada extremo, de forma de generar un lado cóncavo y otro convexo. De esta manera se percibe una lateralidad de la pieza, lo que facilita el acople cuando se desconoce la polaridad de los imanes.

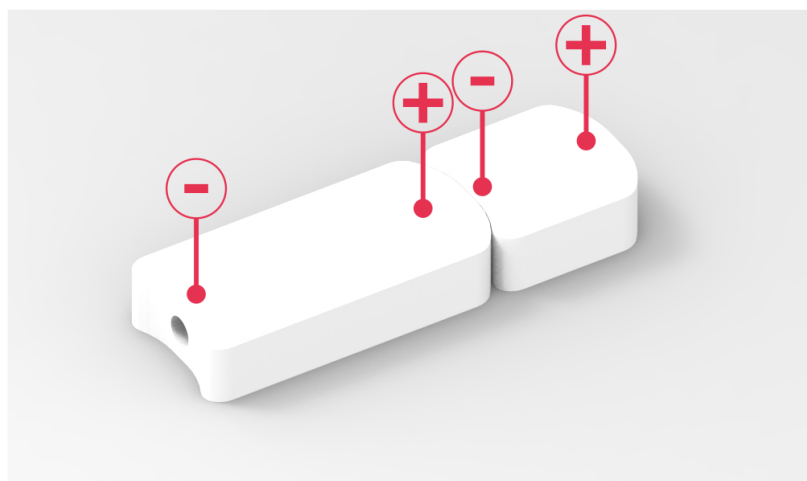


Imagen 55. Modelo de 3d de piezas con extremos curvos.

Además se estimula el acople lineal, lo que favorece la construcción de líneas numéricas con el material tangible, que luego se visualiza directamente en su representación abstracta. Esta modificación, sumado a la problemática del tiempo que insumió en la Fase 2 el acabado de las piezas de madera, llevó a explorar otros materiales. Se recurrió entonces a la impresión 3D con plástico.

Mediante esta técnica se consiguió fabricar la pieza preparada para insertar los imanes, minimizando el mecanizado posterior. Por otra parte, en un mismo archivo se consiguió ubicar un set completo de 25 piezas, lo que permitió optimizar el proceso de fabricación respecto a la Fase 2.

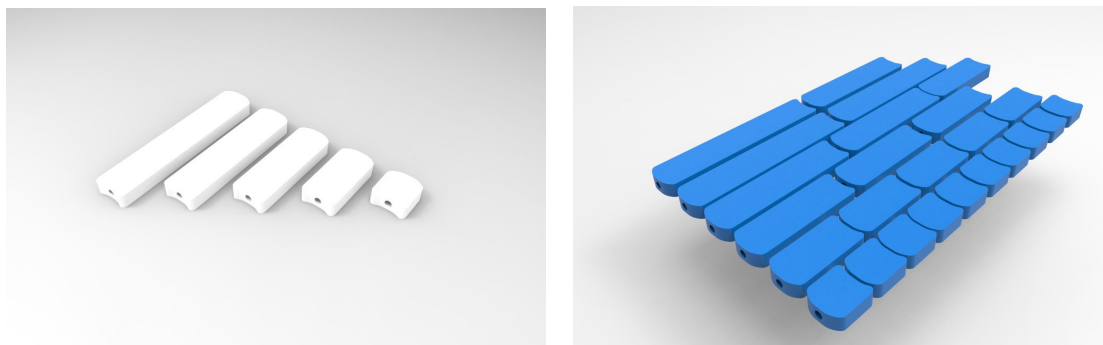


Imagen 56. Secuencia de piezas 1 al 5 (izquierda) y set de 25 piezas (derecha) para impresión 3D.

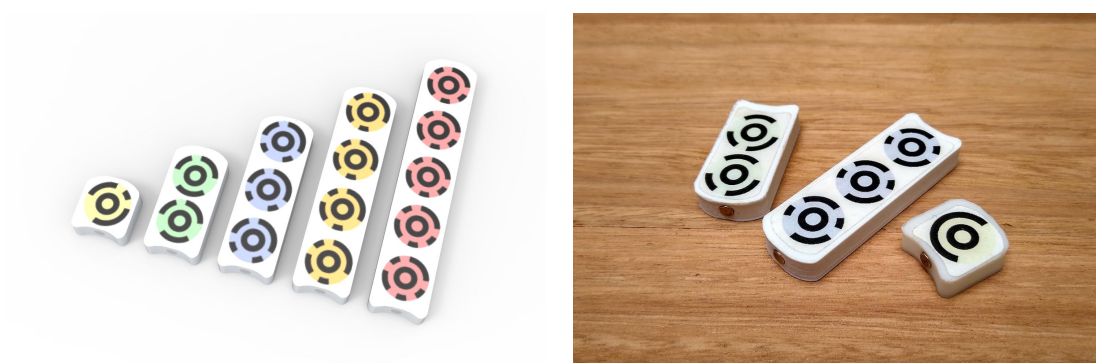


Imagen 57. Render 3D de las piezas (izquierda). Piezas finales utilizadas en la intervención (derecha).

En cuanto a las dimensiones, se desarrollaron todas las piezas con 15mm de ancho y el largo ajustado proporcionalmente al valor de cada pieza. Así, el uno mide 15x15mm, el dos 15x30mm, etc. Durante la evaluación se observó que este tamaño fue apropiado para la manipulación (ver 3.4.3) y economía del área de detección, como se mencionó en la Fase 2.

Soporte para tablet y espejo

A partir de lo observado en la Fase 2 y la nueva tabla de requisitos, se optó por realizar la base en MDF. Se exploró la tecnología de corte láser para la elaboración de los modelos funcionales y prototipos, utilizando material de 5.5mm de espesor. Se buscó mejorar la estabilidad (bajando el centro de masa del conjunto) mediante la forma y reducir el volumen para guardado del dispositivo mediante el uso de piezas encastrables.

En cuanto al aspecto formal, como se mencionó anteriormente, se buscó aplicar elementos del lenguaje visual Ceibal, basado en la identidad gráfica del logotipo

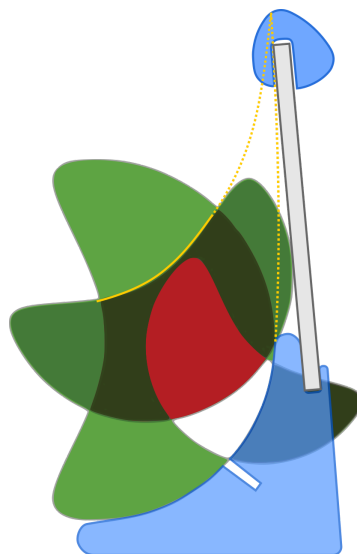


Imagen 58. Soporte y logo Ceibal.

El prototipo resultante está compuesto por 3 piezas encastrables, dos laterales y un tabique de unión. El archivo de corte generado fue optimizado para formato A4. Al ser un formato estándar manejado en tiendas minoristas, permite al usuario final acceder al material justo para la fabricación de un kit CETA.

Se probaron distintas configuraciones de soporte de tablet + espejo para ajustar de una manera más fina las posiciones y ángulos de ambos componentes. De esta manera se buscó optimizar el reconocimiento del sistema de visión.



Imagen 59. Modelos realizados en las cortadoras láser del FabLab (FADU) y del IMFIA (FING).

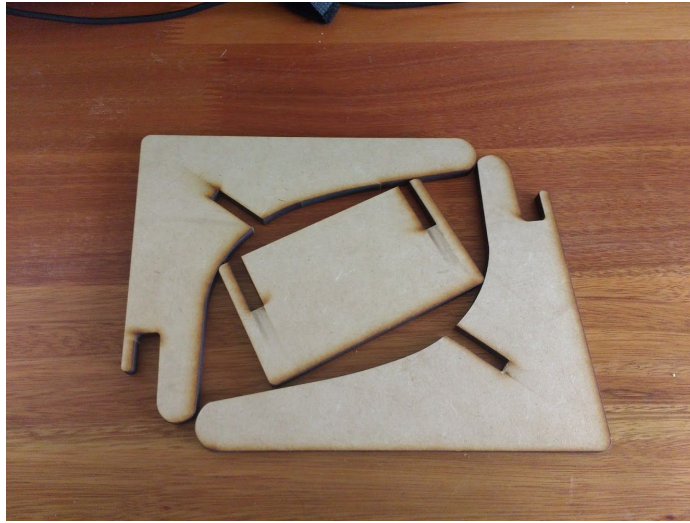


Imagen 60. Laterales y tabique del soporte de tablet.

Para fabricar el soporte del espejo, se optó por utilizar impresión 3D, dada la posibilidad de generar piezas con formas orgánicas y la facilidad para la autoconstrucción por el usuario final. Las impresiones fueron realizadas en las instalaciones de la EUCD, el LabFAB de FADU, el Taller de Robótica Educativa de Facultad de Ingeniería.



Imagen 61. Soporte de espejo con doble curvatura. Material PLA.

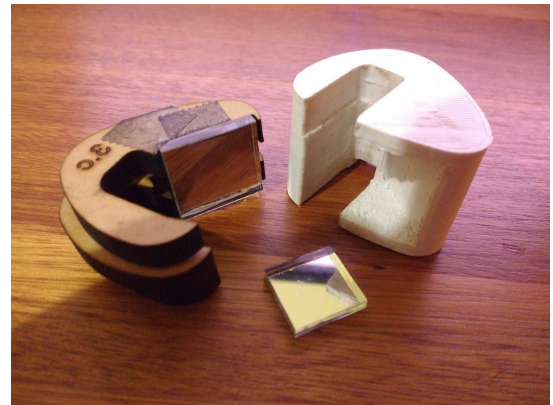
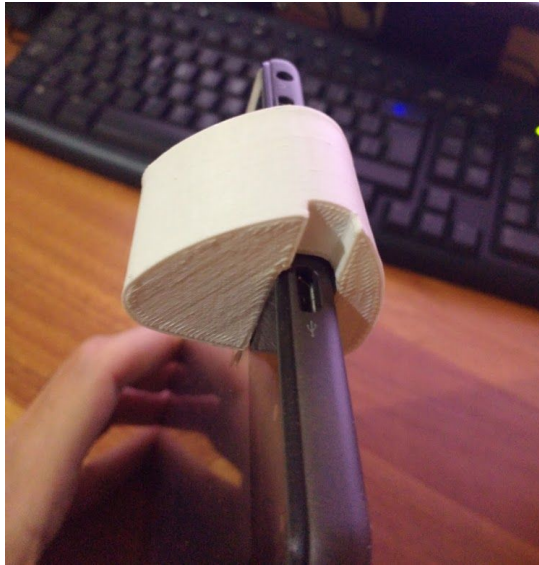


Imagen 62. Soporte para espejo en PLA con laterales planos, detalle de rebaje para permitir usar puerto USB (izquierda). Modelo de control MDF, espejo y soporte impreso en 3D (derecha).

En un principio se diseñó un soporte de doble curvatura (ver imagen 61) a partir del estudio del imagotipo Ceibal. Dado que esta resolución formal requería un tiempo de impresión excesivo para el cronograma manejado por el equipo y un importante trabajo de mecanizado y eliminación de restos de material¹³, se optó por simplificar la forma y reducir el volumen de la pieza para esta instancia (ver imagen 62 y tabla 8). Por un lado, se dejó el soporte plano en dos de sus caras para simplificar el apoyo sobre la cama de la impresora, y por otro lado se recortaron curvas para reducir material.

Para la impresión del soporte se utilizó el equipamiento del Taller de Robótica de la Fing, que al disponer de una impresora 3D de tecnología avanzada, las piezas resultaban mejor acabadas y en menos tiempo. Con estos cambios, se logró bajar el tiempo de impresión por pieza de 1:15h a 44 minutos

¹³ Ramírez Ferrero, M. (2015, 30 julio). Tratamientos superficiales post-impresión 3D (I). Tratamientos mecánicos.. Recuperado 6 diciembre, 2019, de <http://www.dima3d.com/tratamientos-superficiales-post-impresion-i-tratamientos-mecanicos/>

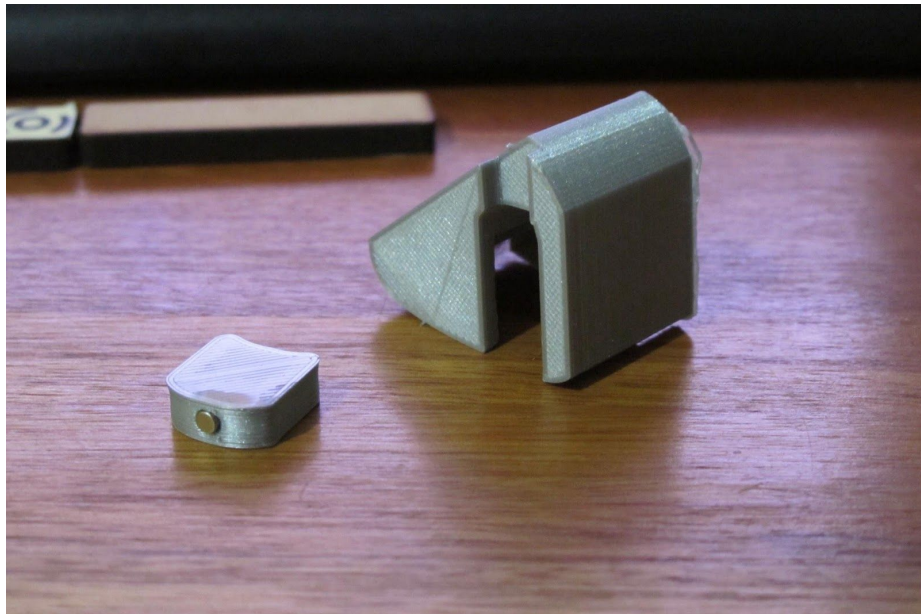


Imagen 63. Modelo de soporte de espejo optimizado para impresión rápida.

	<p>Material: PLA / filamento: 1.76mm Tiempo de impresión: no registrado Equipo: MakerBot Lugar: FabLAB (FADU) Observaciones: las múltiples curvas de la pieza dificultan la posición en la cama de impresión. se deforma la pieza final.</p>
	<p>Material: PLA / filamento: 1.76mm Tiempo de impresión: 1:15 h (interior mallado) Peso de la pieza: 9 gramos Equipo: MakerBot Lugar: FabLAB (FADU)</p>
	<p>Material: PLA / filamento: 3.00mm Tiempo de impresión: 4 minutos / 44 minutos (interior hueco / mallado) Peso de la pieza: - Equipo: Ultimaker 2+ Lugar: Taller de Robótica Educativa (Fing)</p>

Tabla 8. Ensayos de soportes para espejo para optimizar proceso de impresión 3D.

Diseño final del dispositivo ITU

El prototipo final que se desarrolló para la evaluación de la Fase 3 está compuesto por: un soporte de tablet, un soporte con espejo y un set de 25 piezas manipulables.



Imagen 64. Prototipo final de CETA para la evaluación.

Se fabricaron 30 juegos completos de CETA en las instalaciones la EUCD, LabFab de FADU y el INCO de Ingeniería.

El proceso de ensamblado y preparación de cada set estuvo a cargo del equipo de investigación.



Imagen 65. Fabricación de prototipos para intervención en Escuela.

Desarrollo del videojuego BrUNO

Paralelamente al diseño del prototipo para la intervención final en la Escuela se avanzó en el desarrollo de BrUNO. Los encargados de esta tarea fueron principalmente los equipos de ingeniería, psicología, comunicación y B-rOOTs Studio que participaron en los aspectos técnicos, pedagógicos, narrativos y estéticos de la propuesta. El equipo de diseño también participó activamente del desarrollo realizando aportes en cuanto a la integración de los manipulables al mundo digital.

Se realizaron dos versiones de la aplicación, una para interacción con manipulables y otra en la que los manipulables están digitalizados en el juego y toda la interacción se da en la tablet (ver imagen 66). Ambas versiones fueron utilizadas en la intervención final en la Escuela N°28 “República de Panamá”.

Como se mencionó en la Fase 1 (ver 3.2.1), la narrativa plantea un mundo de robots. La historia tiene lugar en un mundo imaginario poblado por personajes robóticos con los que se espera que los niños se identifiquen. El personaje principal es un robot llamado BrUNO, que debe recuperar piezas mecánicas perdidas con la ayuda de sus amigos robots. Los niños deben ayudar a BrUNO introduciendo el número exacto de pasos que debe recorrer el personaje para poder capturar cada pieza. Este número es introducido por medio de una

interacción manual. Los niños deben poner “a la vista” de la tablet (introducir las fichas en el área de detección del sistema) una combinación de fichas acopladas que represente el número necesario. De este modo los niños realizan una tarea implícita de composición y descomposición numérica -además del conteo- que, como se mencionó en el marco teórico (Ver 2.1.3 Competencias numéricas tempranas), favorece la adquisición de las reglas que definen la cardinalidad.



Imagen 66. Capturas de pantalla de BRUNO. De izquierda a derecha: Presentación, introducción de la historia y los personajes (BRUNO y sus amigos), tutorial y situación de juego en versión tablet.

Las piezas recolectadas por BRUNO y sus amigos son presentadas como premios que van apareciendo uno a la vez y ubicados a distintas distancias respecto al personaje.



Imagen 67. Tornillos, tuercas y arandelas recolectadas en el videojuego.

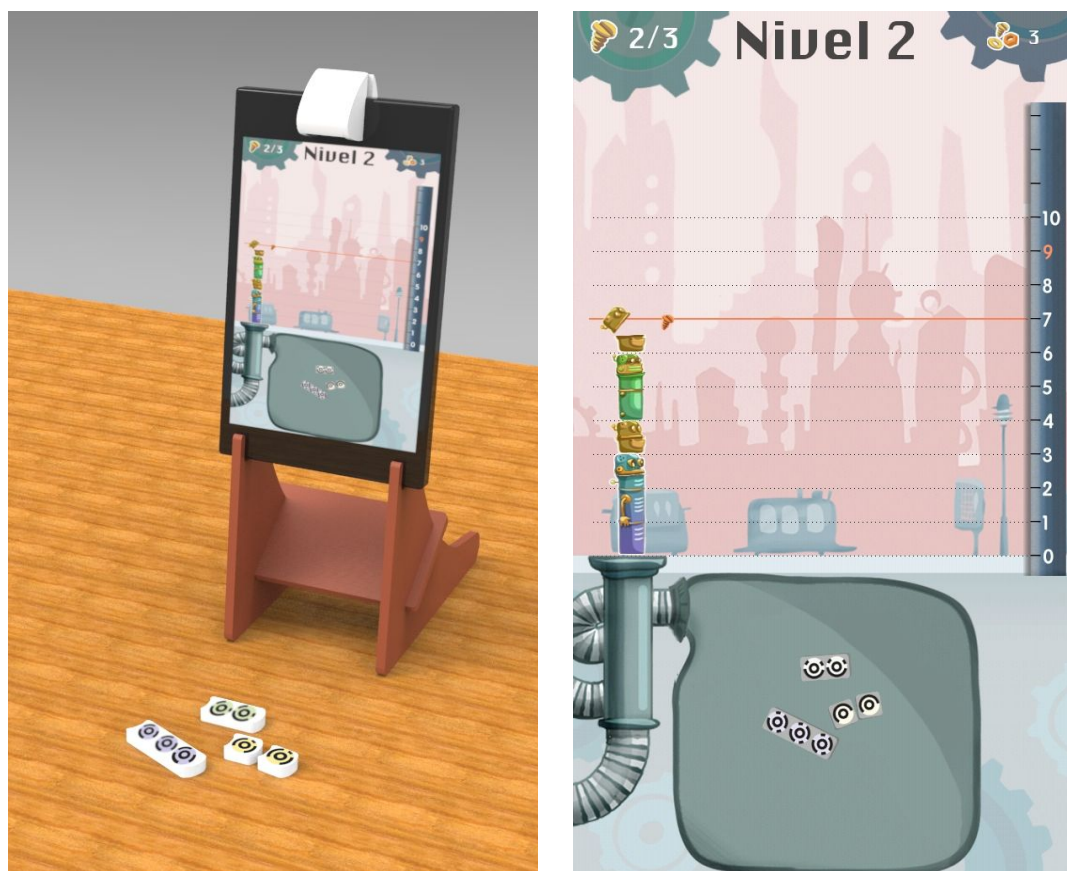


Imagen 68. A la izquierda manipulables sobre la mesa de valor total 7 ($3 + 2 + 1 + 1$). A la derecha BRUNO alcanzando el casillero 7 (altura 7).

La manera de capturarlos implica movimientos del personaje (desplazamiento, salto, crecimiento, estiramiento de brazo, etc.) que deberán ser precisos. En las imágenes de arriba se muestra el personaje ayudado por sus amigos alcanzando un premio ubicado en la línea del 7. Para ello el usuario debe ingresar un valor igual a “7” (el modo de hacerlo es componiendo un conjunto de valor 7 como se muestra en la imagen de la derecha). La acción en pantalla resultante tiene una correspondencia directa con la acción realizada con las piezas (e.j.: se eleva 7 unidades con asistencia de los amigos). De este modo se espera

que el niño realice una actividad implícita de composición aditiva mientras juega con el personaje. Cada vez que se recoge un premio aparece un nuevo premio en otra ubicación. Esto exige una nueva respuesta del jugador, asociada a un valor numérico. El jugador puede entonces componer un nuevo conjunto, o bien transformar el conjunto compuesto en la acción anterior, quitando y agregando piezas.

El juego está estructurado en niveles. A medida que el jugador avanza de nivel aumenta la dificultad a través de la resolución de números más grandes y reducción del tiempo disponible para brindar la respuesta al desafío.

Aspectos comunicacionales

A esta altura del desarrollo el equipo comenzó con las tareas de difusión, por lo que se generó una identidad visual que identifique al dispositivo ITU como juego didáctico. La imagen generada se aplicó en soportes digitales de redes sociales, página web y material audiovisual.

Para la creación del logotipo CETA, se buscó transmitir a través de la imagen los conceptos didáctico, lúdico, tangible y digital. Además, se creó un sitio web para brindar a los usuarios información sobre el proyecto, novedades, guías para la autoconstrucción, etc.

Logotipo ceta:



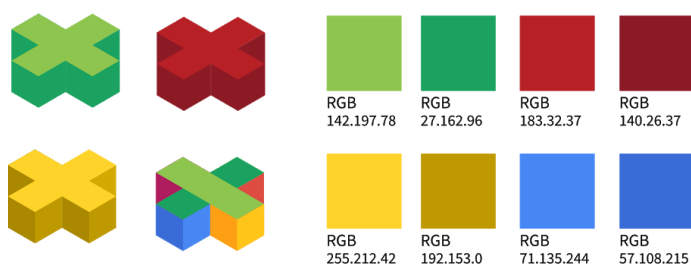
Imagen 69. Logotipo CETA.

Logotipo Ceibal Tangible:



Imagen 70. Logotipo CeibalTangible

Isotipo, paleta de colores y tipografías:



Tipografía

Source Sans (Light)

Source Sans (regular)

Source Sans (Light)

Imagen 71. Isotipo, paleta de colores y tipografía.

Dado que el sitio web tiene distintos tipos de destinatarios y el proyecto requería actualizar dinámicamente los contenidos, se utilizó una plataforma de desarrollo web que permitiera un escalamiento acorde del sitio. Para el diseño del sitio web, se utilizó el software de código abierto Wordpress¹⁴ que permite la incorporación de contenidos estáticos y, a través de la instalación de módulos, agregar funcionalidades en la medida que se requiera. Para contemplar la diversidad de formatos de los dispositivos de los usuarios, se utilizaron técnicas de diseño web que permiten, por un lado mostrar la misma cantidad de información en cualquier dispositivo, primando los dispositivos móviles (técnica *mobile first*); y por otro lado adaptar el lenguaje visual del sitio en función del formato de pantalla del usuario (diseño responsivo).

¹⁴ Según la página web <https://wordpress.org/>



Imagen 72. Captura de pantalla en PC de escritorio (izquierda) y en smartphone (derecha).

3.4.3 Evaluación

En esta fase se realizó la evaluación experimental en la Escuela N°28 “República de Panamá”. En el transcurso de un mes y medio se realizaron diversas pruebas matemáticas que estuvieron a cargo del equipo de psicología, se intercambió con los educadores y se evaluó la experiencia con el dispositivo CETA.

El equipo de diseño realizó observación del uso de los dispositivos durante la evaluación y asistió a los evaluadores del resto del equipo CETA.

Durante la evaluación también participaron las maestras, que dispusieron de tiempo de clase para habilitar al equipo a realizar las pruebas. El equipo de educadores fue muy receptivo hacia las actividades planteadas por los evaluadores.

Sesiones de evaluación

Las sesiones estuvieron a cargo del equipo de psicología y comunicación. Las maestras responsables de los grupos participantes estuvieron presentes asistiendo al equipo evaluador.

La sesión de evaluación requirió la preparación de los kits de CETA que el equipo evaluador gestionó para cada encuentro, realizando las instalaciones de software, carga de baterías y empacando cada kit individualmente.

En una primera instancia se realizó una prueba matemática estandarizada y luego pruebas matemáticas individualizadas con alumnos de 3 clases de primer año. Se realizaron prácticas diarias de 25 minutos durante 20 días con 3 grupos. Un grupo experimental que utilizó la aplicación desarrollada y el dispositivo CETA, un grupo control activo que utilizó la versión de BrUNO sin manipulables y grupo control pasivo que no utilizó la aplicación. Finalmente se realizó una segunda prueba matemática estandarizada para comparar resultados con los tomados al inicio.



Imagen 73. Equipo evaluador explicando la dinámica del juego.



Imagen 74. Niños jugando Ceta durante la evaluación.

Diseño del dispositivo

La fabricación de los manipulables requirió de una alta dedicación por parte de todo el equipo investigador. Dado que la concavidad prevista en los extremos para incorporar los imanes no era consistente a través de las impresiones de los sets, se realizó un mecanizado manual para agrandar los orificios en algunas piezas. Además, algunas piezas se rompieron al insertar los imanes por exceso de presión.



Imagen 75. Pieza de PLA partida.

Con la manipulación y ocasionales caídas de las piezas, algunos imanes se desprendieron.

De acuerdo a la revisión de normativas técnicas sobre seguridad en los juguetes (ver 2.5), las piezas pequeñas presentan un riesgo para niños menores a 36 meses y deben ser evitadas. Si bien estas piezas sueltas no presentaban un riesgo elevado para los niños de 6 años, se revisó este aspecto en la propuesta de diseño final, ya que se espera que CETA sea utilizado en otros contextos en los que puedan haber niños pequeños.

Por otra parte, la relación entre el espacio real de detección (área proyectada sobre la mesa) y el virtual (área de la pantalla donde se visualiza el feedback de las piezas que el usuario “muestra a la tablet) debe ser inferida por los niños. Se observó que algunos niños lo comprenden rápidamente y otros no. Se resolvió entonces utilizar para la evaluación una hoja de papel con este espacio delimitado para eliminar esta dificultad y que la prueba se pudiera enfocar en el rendimiento de matemáticas. Se entiende que este es un aspecto a seguir estudiando para desarrollos futuros.

En cuanto a las dimensiones de los manipulables, se observó que el tamaño es apropiado de acuerdo a las dimensiones y capacidades de los usuarios.

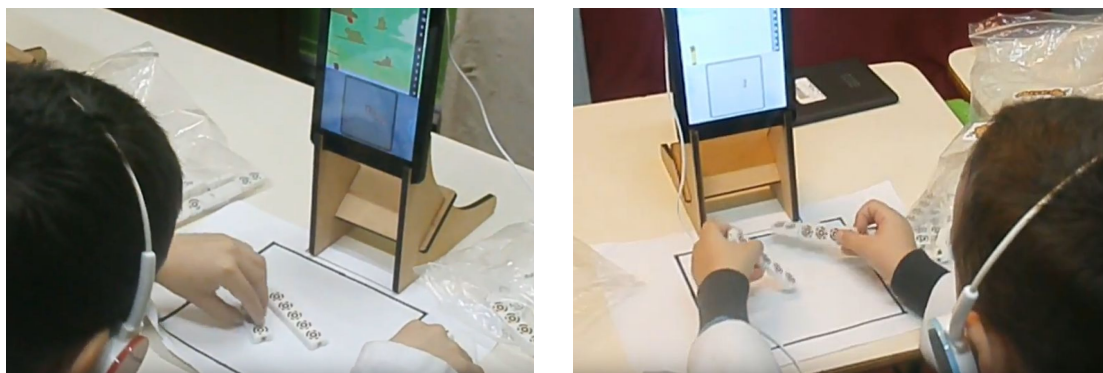


Imagen 76. Interacción con las piezas.

Experiencia de los usuarios

El equipo de diseño participó asistiendo al equipo evaluador y realizando observación de varios aspectos vinculados con la interacción, usabilidad y experiencia de los niños con el prototipo final en el ámbito de clase.

En general, los niños mostraron interés en la propuesta, el videojuego les resultó atractivo, comprendieron correctamente el uso del dispositivo y la dinámica del juego. La versión con manipulables requirió mayor instrucción previa a los niños por parte del equipo evaluador que en la versión tablet.

La postura de los niños en general se vio correcta en los casos que usaron manipulables. El hecho que la tablet esté en un soporte y la interacción limitada a la superficie de la mesa próxima al niño sugiere una posición de sentado frente a la mesa (ver imagen 74) para poder

usar el dispositivo. Por otro lado, los niños que usaron la versión sólo tablet adoptaron, propias de la libertad de movimiento que ofrece el dispositivo portable. Se observaron diversas posturas que a largo plazo pueden no ser saludables, como inclinar la cabeza hacia delante y hacia abajo o sentarse con el tronco inclinado lateralmente o girado. Esta problemática escapa al alcance del proyecto, sin embargo queda en evidencia la necesidad de fomentar buenos hábitos en cuanto al uso ergonómico de los dispositivos tecnológicos en la Escuela.



Imagen 77. Niños jugando BrUNO sin manipulables.

Durante las sesiones previas a las pruebas individuales, en la que los niños y educadoras se familiarizaron con el dispositivo y recibieron la instrucción del equipo evaluador, se observa que el dispositivo habilita al uso colaborativo. Como ocurrió en la prueba de usabilidad de OSMO (ver 3.1.2), se observa que el modelo de interacción con objetos físicos en la mesa y la posición de la tablet habilita que varios niños puedan interactuar en simultáneo con el videojuego y asistirse unos a otros. Por otra parte, las maestras fueron receptivas durante los distintos encuentros. Algunas visualizaban la posibilidad de utilizar el sistema de interacción para otros usos en matemáticas e incluso otras asignaturas, como geometría, geografía y lengua. También manifestaron al equipo interés en que en un futuro CETA pueda ser utilizado de forma extensiva.

Interacción con el dispositivo

El uso del dispositivo en el ámbito de clase y en una grupo completo de niños, permitió observar nuevos aspectos de la interacción que en las fases previas en ambientes más controlados.

Las diversas condiciones lumínicas de los salones de clase permitieron observar que la detección de los marcadores en varios casos no era óptima. Principalmente en salones con orientación norte con luz natural directa y filtrada parcialmente por cortinas. Esto presentó algunas dificultades al equipo evaluador, y se tomaron medidas como poner un soporte blanco para la zona de detección y cambiar de salón para las pruebas individuales, a un salón con iluminación artificial y ventanas al sur.

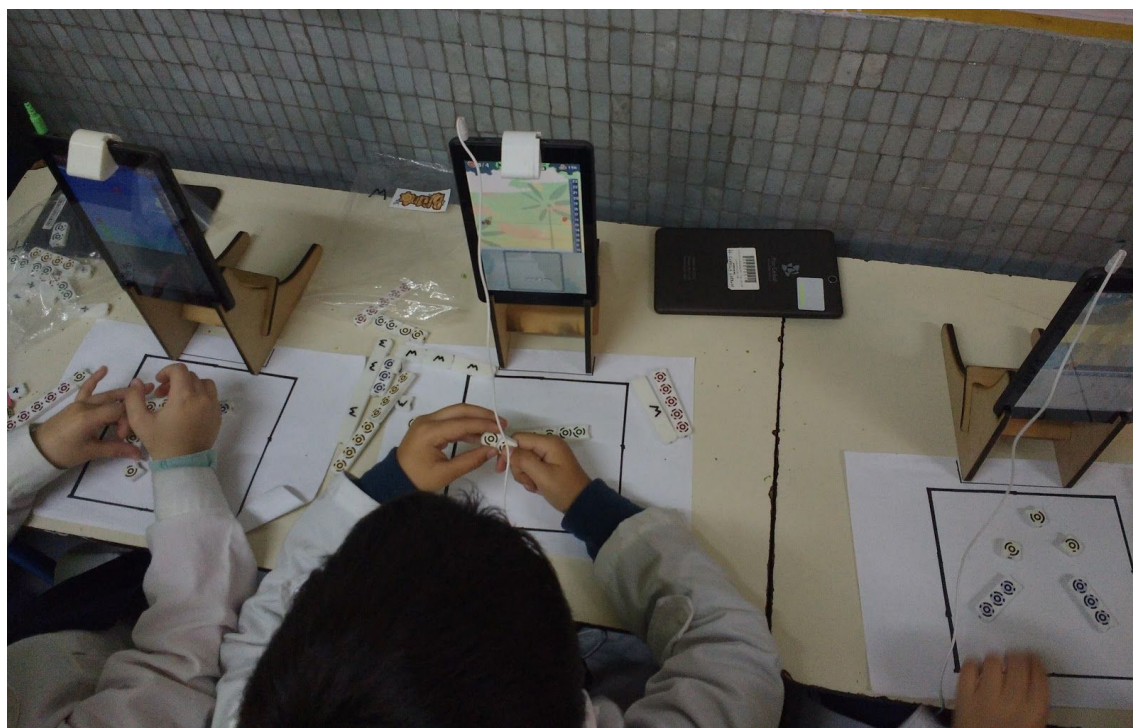


Imagen 78. Niños jugando CETA en salón de Música de la Escuela. Las condiciones lumínicas del salón mejoraron la detección de los manipulables.

El espacio disponible en el salón y el mobiliario limitó el área de la mesa disponible para extender las piezas y utilizar libremente el espacio. En la imagen 78 se observa que la holgura requerida para mover los brazos se ve limitada por los niños de al lado. El uso de auriculares durante las pruebas permitió al equipo de psicología evaluar individualmente a cada niño, evitando que la experiencia de uso de un participante se viera distorsionada por sonidos provenientes de las tablets de los otros. Sin embargo esta modalidad causó que algunos niños volcaran la tablet al moverse, debido a que la conexión de auriculares se ubica en el borde superior de la misma.

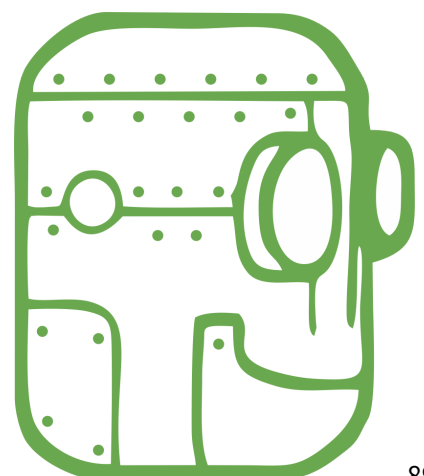
Si bien esta fue la última evaluación contemplada en el proyecto, estas observaciones fueron registradas por el equipo de diseño y algunos aspectos se revisaron para una propuesta final de diseño (ver 5.3).

Capítulo 4

Resultados

Contenido

- 4.1 Desarrollo del dispositivo
- 4.2 Videojuego BrUNO
- 4.3 Evaluaciones
- 4.4 Producción académica



En este capítulo se resumen los principales resultados a los que se arribó al finalizar las Fases del desarrollo de CETA.

4.1 Desarrollo del dispositivo

Se consiguió desarrollar un prototipo del dispositivo de interacción tangible ITU utilizando una metodología de diseño centrado en el usuario.

Este dispositivo permitió llevar adelante las evaluaciones para verificar las hipótesis del equipo de investigación de CETA en cuanto a la posible mejora en el aprendizaje de matemáticas mediante el uso de material concreto.

El proceso de diseño fue informado en todo momento por diversas fuentes, tomando los aportes del equipo de ingeniería, psicología, las evaluaciones con niños y educadores.

Como se mencionó en el capítulo anterior, las pruebas realizadas con usuarios mediante el uso de los distintos prototipos permitieron determinar los tamaños de los manipulables -apropiado para la manipulación por parte de los niños-, la altura de la tablet, el uso de imanes y la lateralidad de las piezas, entre otros.

Algunos aspectos aún requieren ser mejorados. Uno de ellos es el área de detección. Se observó que algunos niños, principalmente durante las primeras interacciones con el sistema, tienen dificultades para mantener el espacio requerido sobre la mesa libre para interactuar. Esto ocasiona que las piezas que no se utilizan queden dentro de este espacio y sean reconocidos accidentalmente por el sistema alterando el resultado. Si bien en el juego se fueron incorporando algunas medidas para dar feedback sobre las piezas que se ubican en el área de detección, se entiende que puede ser necesario incorporar algún elemento material de asistencia sobre la mesa para los que se enfrentan al sistema por primera vez. Por otra parte, la fabricación supuso una alta dedicación por parte del equipo en el ensamblado de los imanes en los manipulables. Además, durante las pruebas se tuvieron que reinsertar imanes en las piezas que se soltaban ante caídas accidentales de los materiales. Este aspecto se tuvo en cuenta para el rediseño de los manipulables propuesto en el punto 5.1.

4.2 Videojuego BrUNO

La ideación del videojuego se basó en una extensa revisión de literatura en desarrollo cognitivo llevada a cabo por los especialistas del equipo y que estuvo a su vez informada por los aportes de educadores, diseñadores y artistas.

Este proceso permitió integrar los manipulables del plano concreto al abstracto de una forma coherente y con una base científica.

4.3 Evaluaciones

De acuerdo con el informe final del equipo de evaluadores¹⁵, se obtuvo como resultado, en primer lugar, que los grupos que utilizaron CETA tanto con manipulables (grupo experimental, 24 niños) como sin ellos (control activo, 20 niños), ambos presentaron mejoras sobre el grupo de control pasivo (20 niños) que no utilizó CETA. Además, entre los grupos que usaron CETA, el equipo observó una leve diferencia a favor del uso de manipulables.

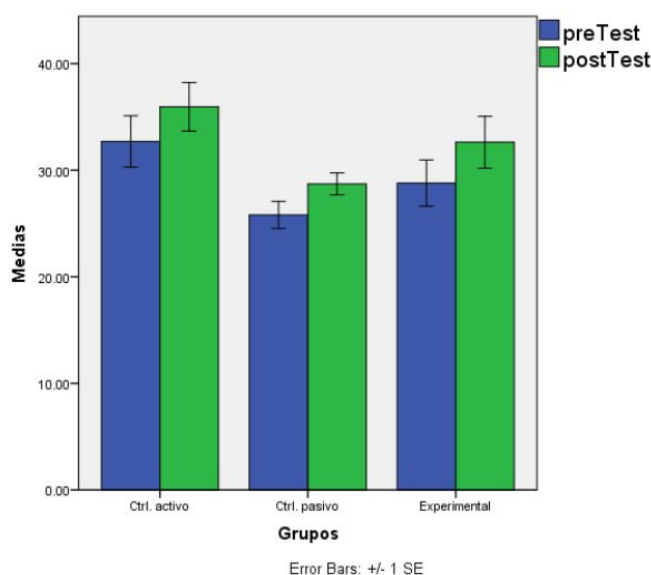


Imagen 79. Media de puntaje de TEMA-3 de grupo pasivo, control y experimental pre-evaluación (azul) y post-evaluación (verde). Tomado del informe final del equipo evaluador (nota al pie).

¹⁵ GONZÁLEZ PERILLI, F: (2017) Educación Tangible. Nuevas formas de interacción para el aprendizaje. Montevideo, Uruguay

		diferencia		
		Count	Mean	Standard Error of Mean
Grupo	Ctrl. activo	20	3.25	.80
	Ctrl. pasivo	21	2.90	.78
	Experimental	24	3.83	.83

Tabla 9. Diferencia Post-Evaluación menos Pre-evaluación, media y desviación estándar de grupo pasivo, control y experimental. Tomado del informe final del equipo evaluador (nota al pie).

En la tabla 9 se puede observar una diferencia mayor entre las puntuaciones pre y post del grupo experimental en relación a los otros dos grupos.

Si bien, según los evaluadores, el tamaño de la muestra fue pequeño y no es posible asegurar que efectivamente el uso de manipulables constituye una mejora sustancial en el aprendizaje de matemáticas, la conclusión final del equipo es que las tendencias observadas hablan de un impacto positivo a favor del uso de los manipulables CETA.

Otro resultado a destacar sobre la evaluación de matemática de la Fase 3 es el registro de acciones que permitió el software desarrollado. A través de BrUNO fue posible registrar la construcción de los números llevada a cabo por los niños. Por ej. cuántas piezas utilizan para formar un número 5, cuántos niños lo forman con 5 piezas de 1 o cuántos utilizan las piezas de dos y tres. Esto permite obtener información de interés para los educadores, que de otra manera en una dinámica tradicional de uso del material concreto es más difícil de obtener. Se espera que estos resultados sean de utilidad para futuros desarrollos del dispositivo y del software.

4.4 Presentaciones del proyecto y producción académica

En noviembre de 2016 se participó en las Jornadas de Ergonomía “IV JOERGO. Hacia una cultura ergonómica.” con la conferencia “Diseño y usabilidad. Dispositivo para el aprendizaje de matemáticas en las escuelas”.

Al año siguiente se participó en el 3er Congreso Latinoamericano de Diseño “El Diseño en el fortalecimiento y la integración del desarrollo regional”. El artículo “CEibal TAngible (CETA). Dispositivo para el mejoramiento en el aprendizaje de las matemáticas en las escuelas” fue publicado en las Actas del Congreso¹⁶.

También se participó en el Congreso Interfaces 6 organizado por la Universidad de Palermo durante mayo de 2018, bajo la temática “Experiencias pedagógicas en entornos digitales”¹⁷,

¹⁶ El diseño en el fortalecimiento y la integración del desarrollo regional: Actas 3º Congreso Latinoamericano de Diseño, Red DISUR, 2017.

¹⁷ Pág. 18-22. Reflexión Académica en Diseño y Comunicación. N° XL. Facultad de Diseño y Comunicación - Universidad de Palermo; Noviembre 2019, Buenos Aires, Argentina.

y con la charla “CETA (Ceibal Tangible) Dispositivo de interfaz tangible de usuario de código abierto”.

Por otra parte, produjo una serie de artículos científicos:

- *Setiembre 2017*
“CETA: open, affordable and portable mixed-reality environment for low-cost tablets”¹⁸ acerca del desarrollo del prototipo de CETA, presentado en la conferencia MobileHCI17 en Viena. En esta conferencia (International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services) se realizó una presentación oral y se brindó una demostración del dispositivo. Esta presentación obtuvo una de las 5 menciones de honor entregadas en el evento.
- *Setiembre 2018*
Artículo: “LETSMATH”. Colaboración en el diseño del prototipo LETS Math (Learning Environment for Tangible Smart Mathematics) desarrollado por parte del equipo de ingeniería de CETA.¹⁹
- *Setiembre 2019*
Artículo: “Building blocks of mathematical learning: virtual and tangible manipulatives lead to different strategies in number composition”²⁰ acerca del análisis comparativo de los resultados obtenidos durante la intervención en la Fase 3.
- *Octubre 2019*
Artículo: A Tangible Math Game for Visually Impaired Children²¹ acerca del desarrollo del proyecto derivado (ver 5.1) “Tecnología para la inclusión. Nuevas herramientas para el aula en educación especial”.

¹⁸ Marichal, S., Rosales, A., Perilli, F. G., Pires, A. C., Bakala, E., Sansone, G., & Blat, J. (2017, September). CETA: designing mixed-reality tangible interaction to enhance mathematical learning. In *Proceedings of the 19th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services* (p. 29). ACM.

¹⁹ Marichal, S., Rosales, A., Sansone, G., Pires, A. C., Bakala, E., Perilli, F. G., ... & Blat, J. (2018, September). LETSMATH. In *Proceedings of the 20th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services Adjunct* (pp. 313-320). ACM.

²⁰ Pires, A. C., González Perilli, F., Bakala, E., Fleisher, B., Sansone, G., & Marichal, S. (2019, September). Building blocks of mathematical learning: virtual and tangible manipulatives lead to different strategies in number composition. In *Frontiers in Education* (Vol. 4, p. 81). Frontiers.

²¹ Pires, A. C., Marichal, S., Gonzalez-Perilli, F., Bakala, E., Fleischer, B., Sansone, G., & Guerreiro, T. (2019, October). A Tangible Math Game for Visually Impaired Children. In *The 21st International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility* (pp. 670-672). ACM.

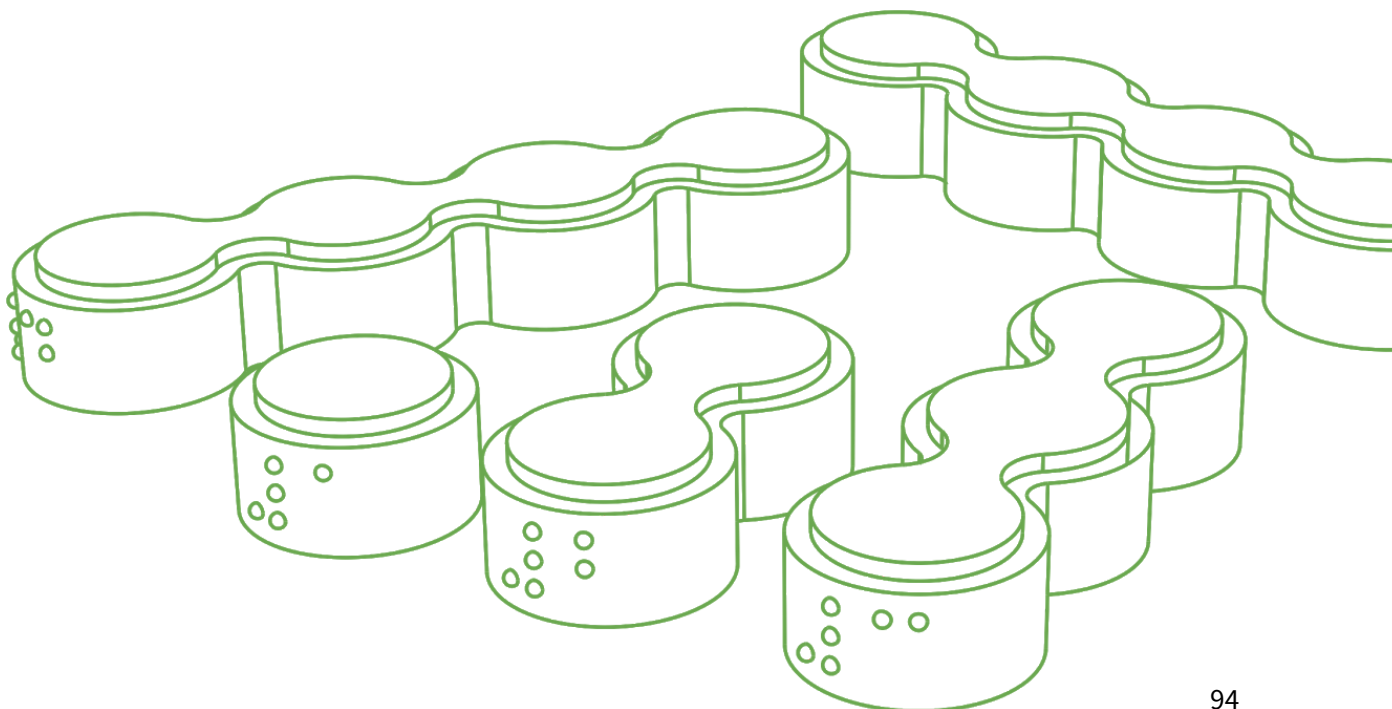
Capítulo 5

Proyectos derivados

Contenido

5.1 Tecnología para la inclusión

5.2 Propuesta para desarrollo futuro



Una vez finalizado el desarrollo de CETA se continuó trabajando en la exploración de la tecnología de interacción tangible y en la mejora de los productos del proyecto. Si bien el presente trabajo de grado abarca los desarrollos y aportes realizados por el equipo de diseño de la EUCD en las Fases de diseño de CETA, es de interés informar acerca de los trabajos derivados del primer desarrollo en los que también se realizaron aportes desde el diseño y que ofrecieron insumos adicionales para una propuesta de diseño más acabada. En el presente capítulo, entonces, se informará sobre el proyecto derivado “Tecnología para la inclusión. Nuevas herramientas para el aula en educación especial” y una propuesta de mejora del dispositivo CETA para el caso de continuar con el desarrollo del mismo donde se incorporan algunos de los aspectos observados durante la evaluación de la Fase 3 (ver 3.4.3).

5.1 Proyecto: Tecnología para la inclusión. Nuevas herramientas para el aula en educación especial.

Los resultados obtenidos a partir del desarrollo de CETA permitieron al equipo de investigadores constatar que el uso del dispositivo de interacción tangible puede realizar aportes favorables en el aprendizaje de matemáticas.

A partir del dispositivo desarrollado, el equipo de investigadores propuso un nuevo proyecto²² orientado a la inclusión de niños ciegos y/o de baja visión con el objetivo de ampliar las posibilidades de interacción de las computadoras que brinda Plan Ceibal a esta población usuaria.

La nueva propuesta consistió en la realización de un rediseño de CETA - llamado iCETA - compuesto por un set de manipulables nuevos y la aplicación Logarín en formato audiojuego.

El proceso de diseño, al igual que el informado en el capítulo 3, estuvo basado en la metodología DCU. En este caso se contó con la participación de niños ciegos y de baja visión, maestras y directoras de las Escuelas N° 198 y 279. Durante este proceso tuvieron lugar 16 sesiones en las que el equipo investigador trabajó con niños, maestras y profesores de música e informática que aportaron insumos para definir y crear las tareas, los elementos de

²² Tecnología para la inclusión. Nuevas herramientas para el aula en educación especial. Fondo Sectorial de Educación, ANII, 2016.

la interfaz y las modalidades de interacción. A partir de entrevistas con los participantes se obtuvieron insumos para los primeros prototipos, y luego se continuó iterando con los usuarios en el diseño de los componentes físicos del dispositivo, los manipulables, el juego, la narrativa y el espacio de trabajo hasta obtener un prototipo más acabado que sirvió para realizar una evaluación de matemáticas con pruebas pre y post para poder comparar resultados.

5.1.1 Adaptación de CETA a iCETA



Imagen 80. Auriculares, laptop, base de interacción, espejo y piezas manipulables.

Componentes tangibles

Con la finalidad de poder abordar la estimulación matemática a nivel háptico se desarrollaron distintos prototipos que fueron evaluados con los niños. Se hizo foco en la actividad de conteo de unidades mediante la forma, la diferenciación por texturas y la incorporación del número en formato braille.

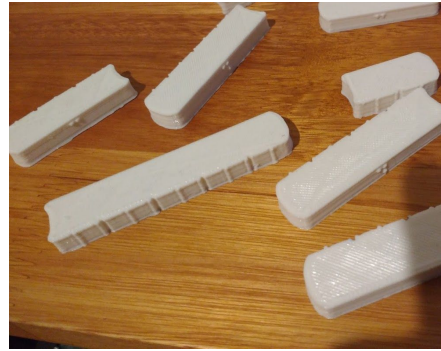
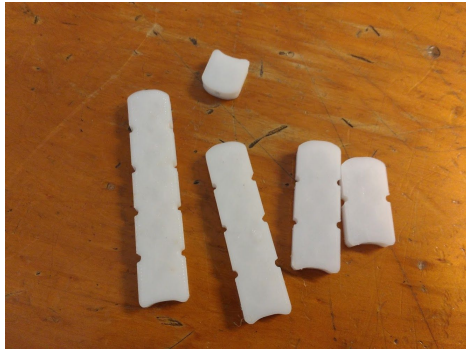


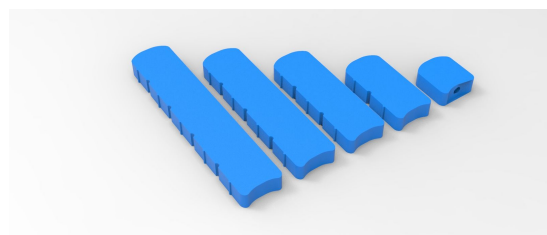
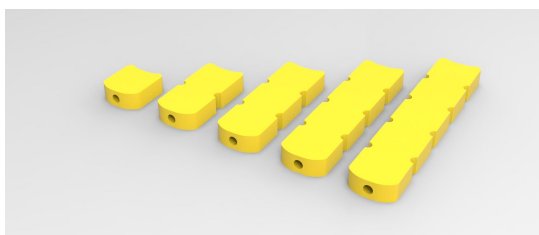
Imagen 81. Primeras adaptaciones de los manipulables con indicadores laterales para favorecer el conteo.

En una primera instancia se partió de los manipulables utilizados en CETA, pero rápidamente se observó que los niños tenían dificultades comparando las magnitudes ya que las piezas eran pequeñas y resultaba difícil para los niños diferenciar una pieza de otra. Entonces se buscó ofrecer vías hápticas adicionales de conteo mediante el uso de marcas laterales (en forma de relieves y depresiones) en las piezas, inspiradas en los elementos de medición utilizados en el aula.



Imagen 82. Cinta métrica adaptada para ciegos. Presenta un indicador por unidad, uno lateral cada 5 unidades y doble cada 10.

Si bien el uso de marcas en los laterales permitía contar las unidades, estas resultaban pequeñas y requerían que los niños tocaran múltiples veces para contar cada pieza, además en algunas ocasiones se confundía con irregularidades de la propia impresión 3D.



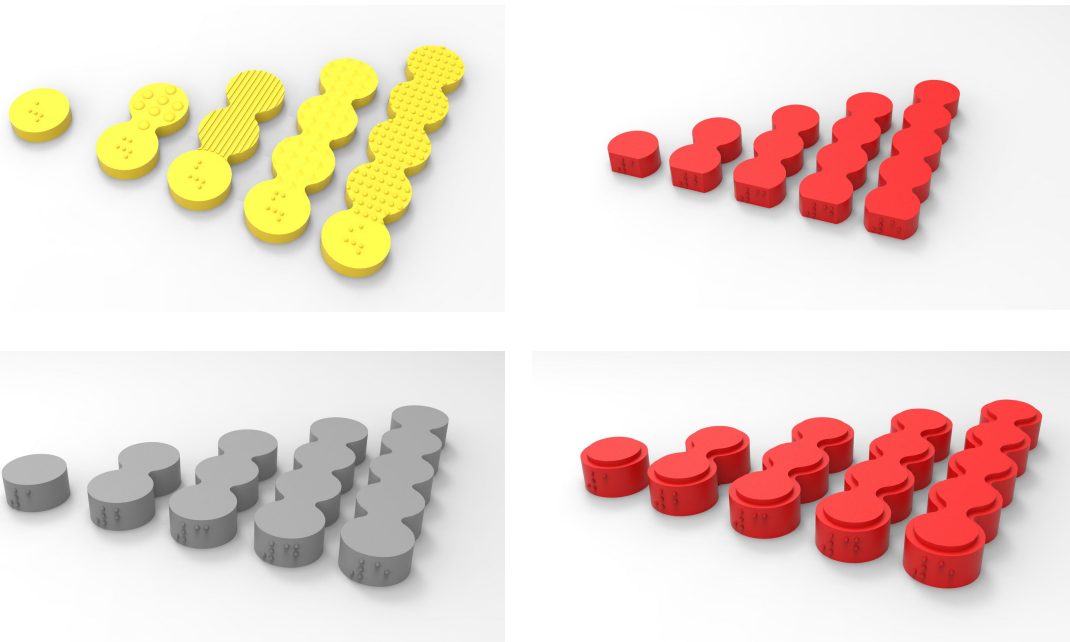


Imagen 83. Evolución de los manipulables iCETA.

Se exploró entonces con manipulables de mayor tamaño y formas más pronunciadas. Eso permitió por un lado facilitar el conteo y por otro brindar mayor superficie para colocar los marcadores. De esta manera además se reducía la posibilidad de que un niño tapara los marcadores y estos no fueran detectados.

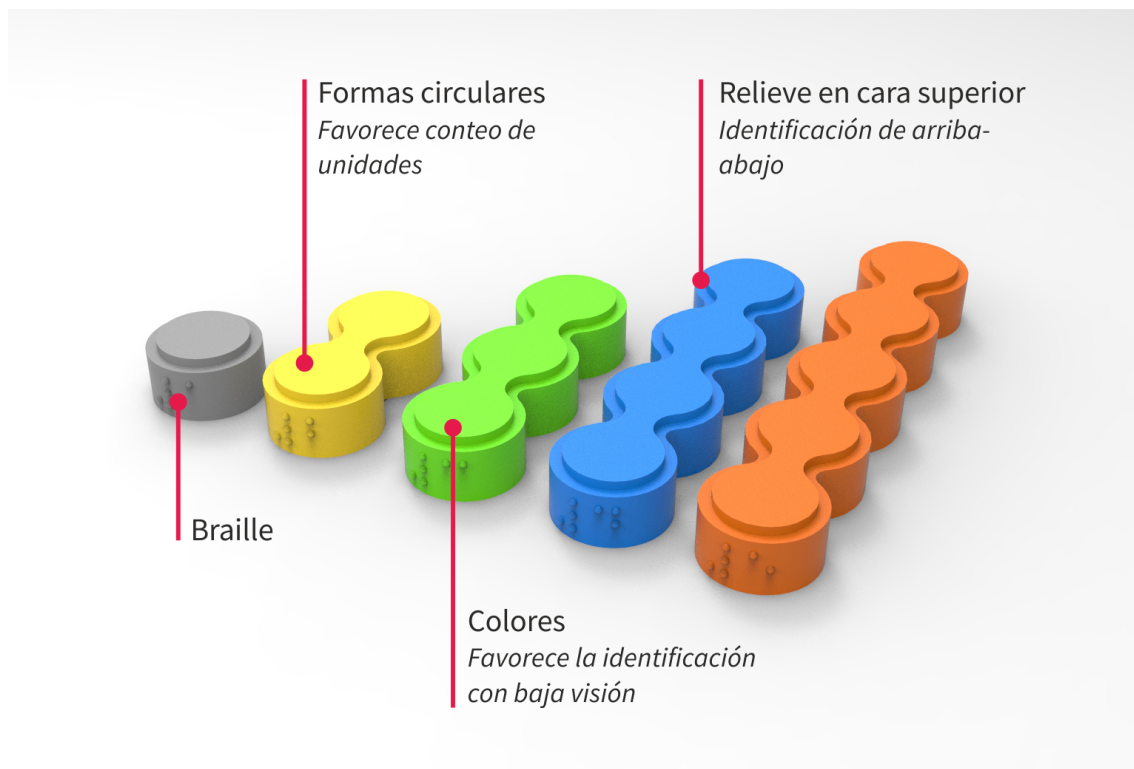


Imagen 84. Diseño final de manipulables iCETA para evaluación.

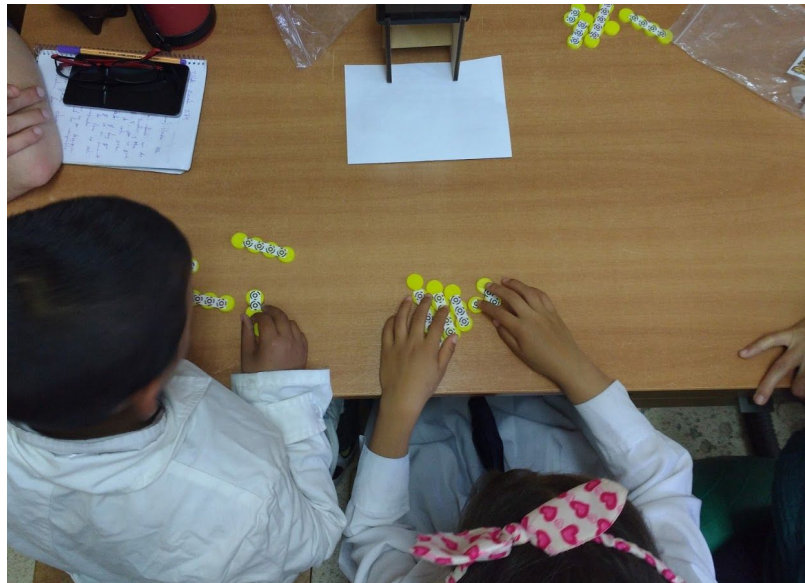


Imagen 85. Niños probando los manipulables iCETA.

El Plan Ceibal distribuye laptops en lugar de tablets para los niños con ceguera y baja visión. Estas incluyen una serie de programas específicos para la población usuaria, como lectores en pantalla y juegos con instrucciones y feedback sonoro.

El hecho que los equipos sean laptops plantea la dificultad de no contar con una superficie accesible para situar los manipulables. Al colocar el espejo CETA en la laptop el área de detección coincide con el teclado y no resulta viable apoyar los manipulables sobre este. Para generar un área de detección, se diseñó una superficie que cubre el teclado y permite ubicar encima los manipulables con un elemento de sujeción elástico que permita al niño fácilmente deslizar la superficie sobre el teclado y asegurar el elástico por debajo.

Por otra parte, se generó una caja para disponer los manipulables sobre la mesa de manera ordenada, facilitando al niño la instancia de buscar e identificar cada vez las piezas sobre la mesa.

En cuanto al espejo, se adaptó el soporte realizado para tablet al espesor de la pantalla de la laptop.

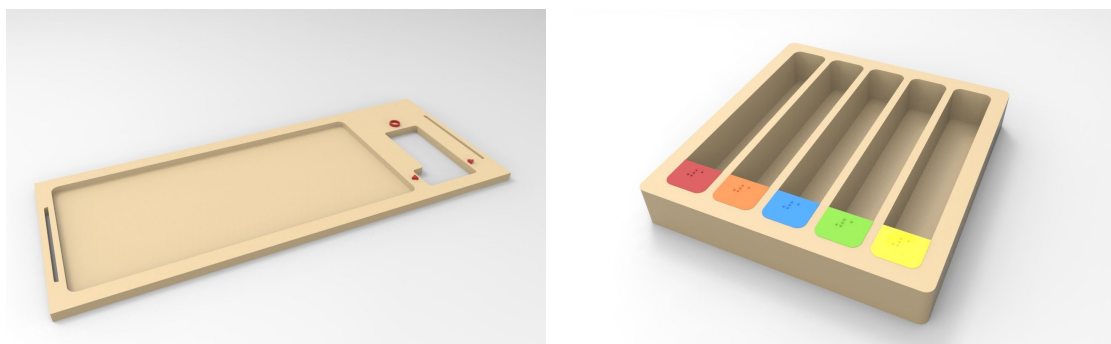


Imagen 86. Superficie de detección y caja de manipulables.



Imagen 87. Superficie de detección. Se contempla el uso de las teclas direccionales y enter.

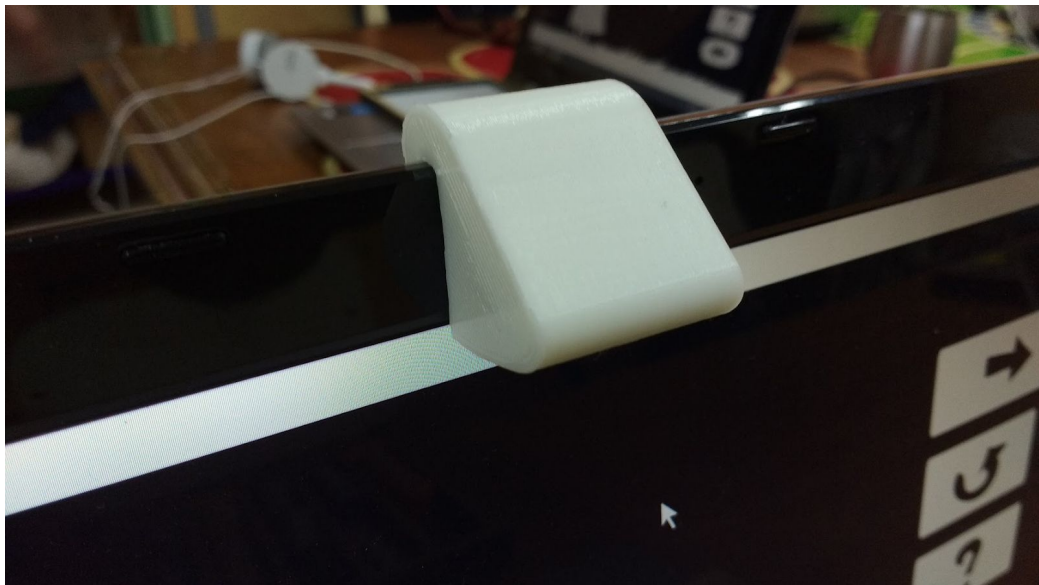


Imagen 88. Soporte de espejo de dimensiones reducidas.



Imagen 89. Caja con manipulables e identificación en Braille.

Videojuego: Logarín

Se desarrolló un juego basado en información auditiva, o sea un audiojuego, llamado Logarín. Como punto de partida se tomó el videojuego BrUNO (ver 3.4.2).

Para la versión de baja visión se buscó crear una nueva narrativa que se adaptara a las oportunidades y restricciones relativas a la modalidad acústica / háptica propuesta. El personaje del juego es mago novato llamado Logarín, que se enfrenta a distintas situaciones en las que tiene que contar. Por ejemplo, las gotas de un ingrediente que añade en una pócima o el número de invitados que llegan a una fiesta (a partir de cómo golpean la puerta). Los sonidos fueron creados a partir de analogías con el mundo real, tales como pasos, golpes o viento. Se exploraron especialmente las posibilidades sonoras para transmitir números y relaciones entre cantidades a través de variaciones de timbre, tiempo, intensidad, etc. La narrativa fue creada de forma iterativa a partir de sucesivas instancias de pruebas con usuarios.



Imagen 90. Juego Logarín. Los gráficos fueron simplificados para los niños de baja visión.



Imagen 91. Niña jugando con Logarín.

5.1.2 Evaluaciones

El proceso de diseño, al igual que el descrito anteriormente para CETA, fue iterativo y se realizaron visitas periódicas a las escuelas especiales N° 198 y 279 con la finalidad de evaluar los prototipos del dispositivo así como las versiones del juego creadas por el equipo investigador. Para la participación de los niños en el estudio, se contó con la autorización de padres o tutores. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Psicología,

y también contó con la aprobación de ANEP. Además de los niños participaron las directoras de ambas escuelas, tres maestras y los profesores de música e informática.

Para controlar la ansiedad de los niños y mantener un ambiente propicio para el desarrollo de las evaluaciones en el aula, las maestras estuvieron presentes en todo momento. Parte del equipo investigador contaba con experiencia en evaluaciones con niños ciegos. Además, se contó con el apoyo de las educadoras para orientar a los investigadores en las formas de comunicación con los niños ciegos y en cómo introducir las actividades.

Por otra parte, la periodicidad de las visitas a la escuela por parte del equipo ayudó a que los niños registraran cada visita y establecieran vínculos con los evaluadores que contribuyeron al buen desarrollo de las evaluaciones.

Una vez que se llegó a un prototipo final se realizó una prueba de matemáticas con niños de las dos escuelas. En total participaron 5 niñas y 6 niños de las escuelas N° 198 y 279. Tres de ellos eran ciegos de nacimiento y 8 tenían baja visión.

El equipo de psicología llevó adelante el experimento de 15 sesiones en el ámbito del aula. Al igual que para CETA, se realizó una evaluación pre y post intervención.

Las sesiones se realizaron de forma grupal y una vez sentados de forma comfortable y con los auriculares puestos empezaban a jugar Logarín de forma autónoma. Cuando necesitaban ayuda, la pedían al investigador/es presente/s. Cada participante empezaba el juego donde había terminado la sesión anterior de forma a haber una continuidad en su entrenamiento computarizado a través de Logarín. Independientemente del resultado al final de cada semana se les entregaba un premio.



Imagen 92. Figura del mago Logarín impresa en 3D.

De acuerdo al informe final elaborado por el equipo de investigación los análisis preliminares en formato pre y post , arrojaron resultados estadísticamente significativos. Se evaluaron tres habilidades: matemáticas, percepción háptica y memoria de trabajo.



Imagen 93. Puntuaciones grupales en la evaluación pre y post-test para las tres habilidades evaluadas.

De las tres habilidades evaluadas, los análisis preliminares de los resultados evidencian una tendencia al aumento en los indicadores de la habilidad de matemáticas²³. Dentro de las tareas usadas para evaluar matemáticas, la tarea de conteo oral fue la que presentó la mejora más significativa luego de jugar Logarín. Esto sugiere que el juego Logarín y el dispositivo como herramienta para el apoyo en el aprendizaje de matemática en los primeros años escolares pueden ser útiles para el aprendizaje en el aula.

²³ El equipo seleccionó tareas del Test de Evaluación del Conocimiento Matemático (Benton y Luria, 1986): 1) Tareas de secuencias y de comparación numéricas - evaluación de la capacidad para comprender y valorar cuantitativamente los números presentados en forma oral; 2) Cálculo oral: medición de la habilidad para el cálculo oral; 3) Conteo de Elementos y series táctiles Uno a Uno y en Agrupaciones de modo auditivo y táctil.

5.2 Propuesta: Grupo Interdisciplinario CETA, interacción tangible

Durante el 2018 se dió continuidad al desarrollo de CETA a través de la propuesta “Grupo Interdisciplinario CETA, interacción tangible” presentada al Espacio Interdisciplinario de la Udelar.

La propuesta planteó como objetivos:

- Desarrollar y ejecutar un plan de evaluación de usabilidad y experiencia de usuario para evaluar CETA y sus videojuegos (BrUNO y Logarín).
- Incorporar producción audiovisual con énfasis en diseño sonoro al desarrollo de CETA.
- Elaborar al menos una comunicación científica para revista arbitrada.
- Crear un documento dedicado a la transferencia de los conocimientos interdisciplinarios creados.
- Organizar un curso de de Diseño de interacción orientado a aplicaciones educativas con perfil interdisciplinario.

El desarrollo realizado comprendió una mejora de aspectos de usabilidad y experiencia de los videojuegos. El grupo interdisciplinario profundizó en la mejora de los videojuegos a través de una revisión de la interfaz gráfica, la narrativa, el audio y la jugabilidad en general. También se incorporaron nuevas funcionalidades en la aplicación como una nueva pieza “virtual” de valor 10 (para trabajar con números más grandes), nuevas recompensas y nuevos tutoriales para comenzar a jugar entre otras. Estas mejoras fueron evaluadas mediante protocolos de evaluación en tres etapas: usabilidad objetiva, comprensión de la pieza +10 y usabilidad percibida; diseñados específicamente para el proyecto por el equipo de diseño²⁴.

Durante diciembre de 2018 el grupo dictó el Taller de Interacción Tangible²⁵ en la Facultad de Información y Comunicación, abierto a estudiantes de todas las carreras.

²⁴ Integrantes del equipo de diseño: Lic. Rita Soria y D.I Mariana Rodriguez.

²⁵ Según <http://fic.edu.uy/noticia/taller-de-interaccion-tangible>

5.3 Propuesta para desarrollo futuro

Para finalizar el presente trabajo, se propone una nueva iteración con el objetivo de obtener un producto más acabado que permita, mediante desarrollos futuros, su expansión a través de un concepto de familia de productos. En este sentido se introdujeron mejoras a partir de las observaciones realizadas durante las evaluaciones finales de CETA, y se revisaron aspectos de la dinámica de uso del dispositivo en el aula anticipando posibles funciones. Por otra parte, se buscó mejorar aspectos productivos que faciliten la autoconstrucción por parte de los usuarios.

5.3.1 Diseño de dispositivo

Se propone un nuevo diseño del dispositivo de interacción tangible que contemple el uso de los manipulables ya vistos para CETA, inspirados en las regletas cuisenaire y los de iCETA.



Imagen 94. Dispositivo CETA con manipulables.

Soporte de tablet

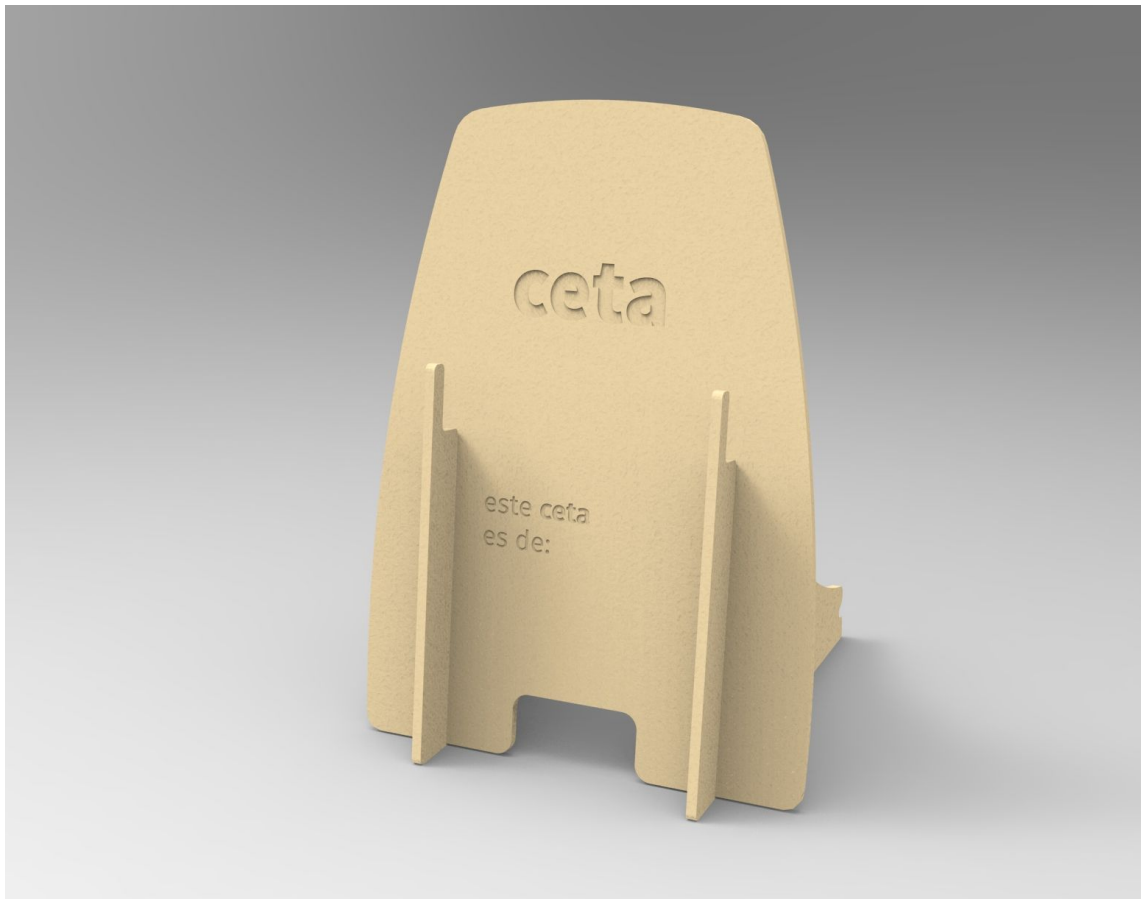


Imagen 95. Rediseño de soporte de tablet.

Se buscó mejorar el aspecto visual del soporte así como la estabilidad al momento de sostener la tablet. Se sustituyó el tabique que unía los laterales por un plano sobredimensionado para el apoyo de la tablet que brinda la forma dominante al conjunto y mejora la estabilidad lateral.

Los soportes laterales incorporan una ranura para guiar el cable de los auriculares. Esto permitirá minimizar las situaciones accidentales en las que se volcaban las tablets.

Se incorporó el logotipo CETA en el frente y un espacio de identificación para que los niños indiquen su nombre. De esta manera, además de brindar una posibilidad de personalización, permite identificar cada dispositivo durante actividades en las que haya varios soportes en la mesa. Por otra parte, mediante la simple modificación del archivo de corte se podrán grabar en la superficie dibujos o gráficos del agrado del usuario.

Para simplificar su fabricación se utilizó MDF de 3mm de espesor que es de menor costo y reduce el residuo de hollín que deja el proceso de corte láser. Se mantuvo el plano de corte en un tamaño A4 para facilitar el acceso al material al público.

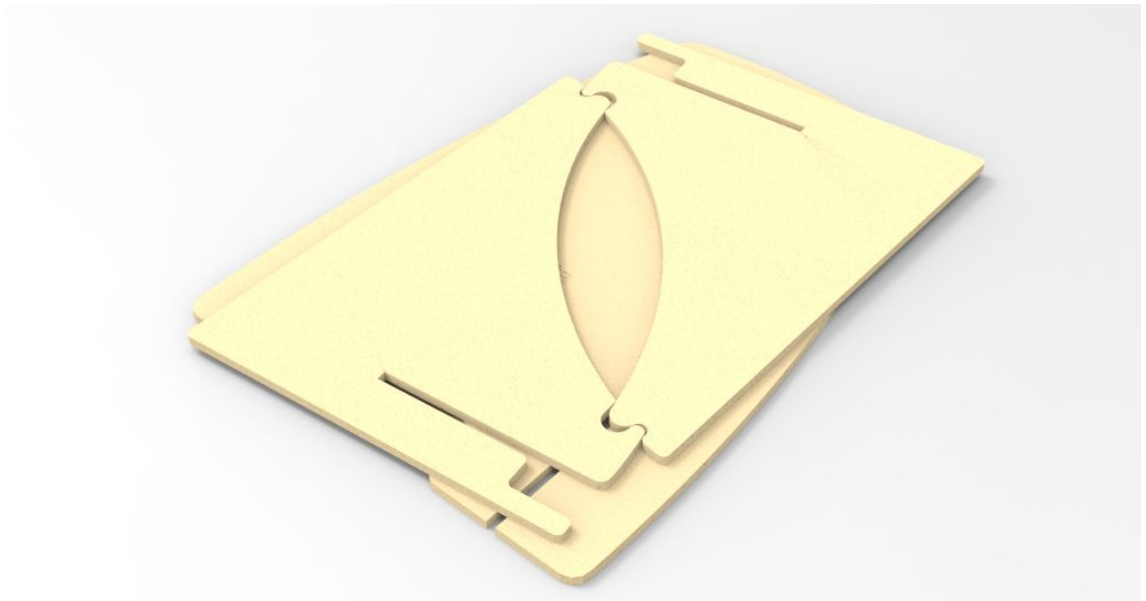


Imagen 96. Situación de no uso y guardado.

Soporte de espejo

Se rediseñó el soporte del espejo para poder mantener las curvas exteriores, generando el modelo 3D a partir de dos partes. De esta manera se consigue imprimir ambas mitades apoyando la cara interior plana sobre la cama de la impresora.

Para unificar los dispositivos CETA e iCETA, se proponen dos variantes de este soporte, uno para tablets con una holgura de 10 mm y otro para laptops con holgura de 6 mm.

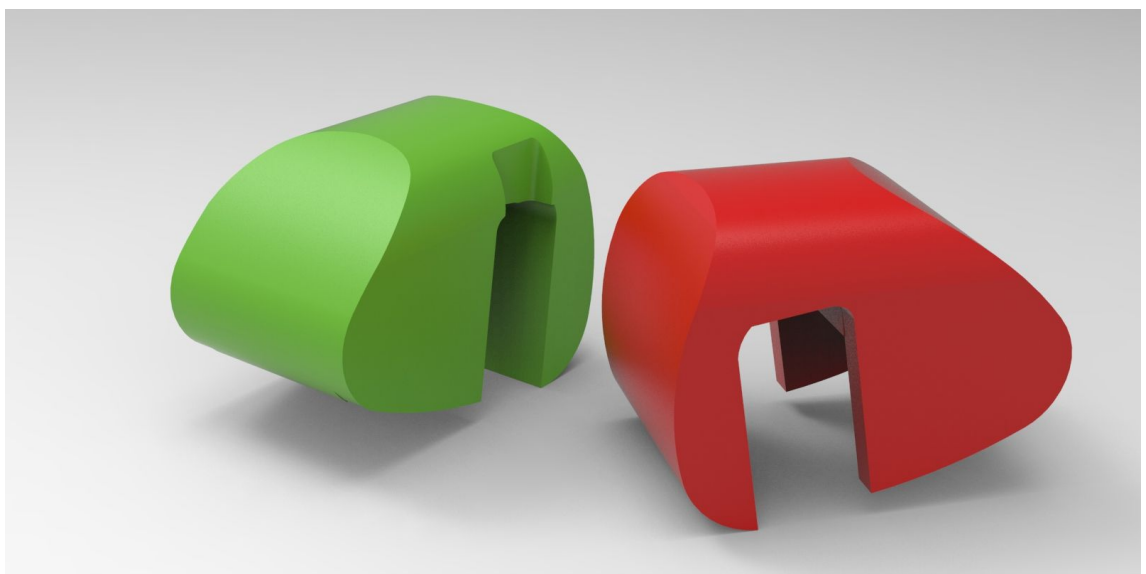


Imagen 97. Soporte de espejo con paleta de colores ceibal.

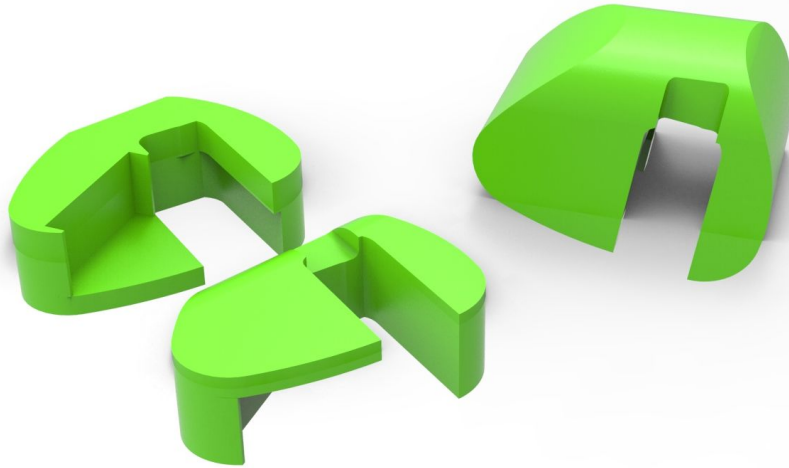


Imagen 98. Modelo 3D de soporte de espejo. detalle de construcción.

Manipulables

Al igual que para el espejo, se rediseñaron los manipulables a partir de las observaciones realizadas en la evaluación de la Fase 3 (ver 3.4.3) generando un modelo 3D con dos partes pegadas. Se incorporaron concavidades interiores para alojar los imanes al momento del armado. Esto permitirá simplificar el proceso de fabricación de las piezas, minimizando la probabilidad de fisuras en el material y por otra parte solucionar desprendimiento de los imanes, al quedar ocultos dentro del manipulable.

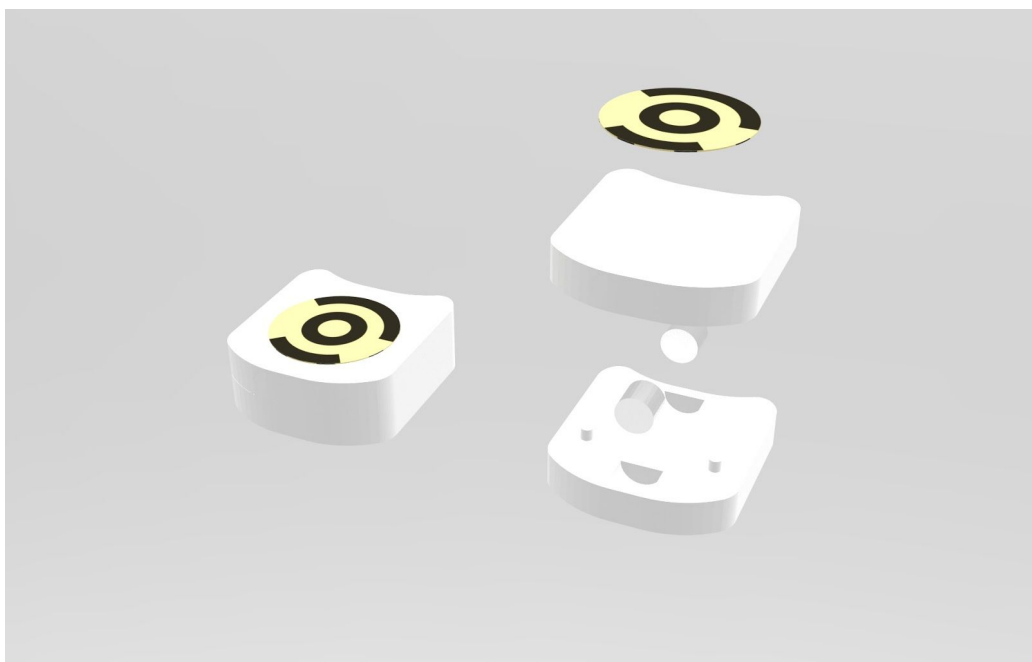


Imagen 99. Manipulable ensamblado (izquierda) y explosión (derecha).

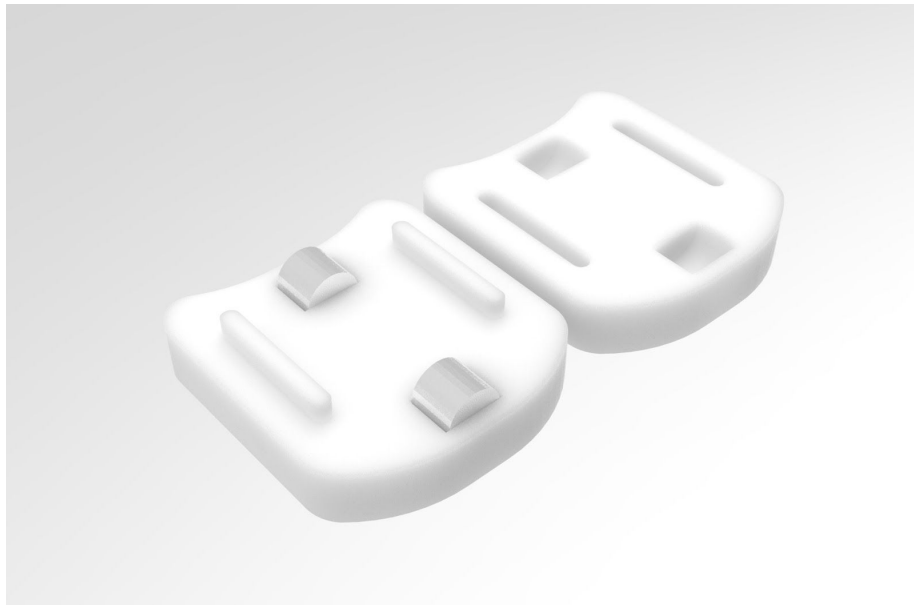


Imagen 100. Detalle interno de construcción. Las mitades que componen el cuerpo del manipulable contienen guías para asistir en el ensamblado y orificios cilíndricos para alojar imanes de neodimio 3 mm de diámetro y 2 mm de largo.

Sobre de transporte / guardado

Para el guardado y transporte del dispositivo se propone un sobre de material textil con doble compartimiento interno para guardar el soporte, los manipulables y el espejo. Este sobre de transporte permitirá guardar de forma organizada cada set en el aula, lo que se espera facilite la logística para los educadores e investigadores en caso de realizarse nuevas evaluaciones en un futuro con más niños. También servirá para que el niño se lleve CETA a su casa. Si bien los niños actualmente utilizan diversas soluciones para el guardado de su tablet, como por ejemplo sobres con cierre o estuches con tapa, se contempla la posibilidad de incorporar la tablet junto al soporte en el interior del sobre si el usuario lo prefiere. Se propone el uso de botones que pueden ser fabricados en MDF (corte láser) o PLA (impresión 3D) junto con el soporte de la tablet o los manipulables. Los usuarios podrán descargar las plantillas de corte de los botones y personalizar la forma. Al ser piezas pequeñas pueden ser cortadas reciclando restos de material.



Imagen 101. Sobre de guardado cerrado.



Imagen 102. Sobre de guardado con tapa abierta.



Imagen 103. Sobre de guardado abierto.

5.3.2 Dinámica de clase

En un principio se considera como plan piloto que los dispositivos se guarden en la escuela, de manera integrada con los materiales ya existentes en el aula (regletas, ábacos, juegos, libros, etc.). De esta manera, el niño concurre a clase con su tablet como lo hace habitualmente y los maestros tienen la libertad de organizar actividades en función de la dinámica de la clase. Podrán plantearse actividades colaborativas, en las que varios niños interactúen con un mismo dispositivo o individuales, cada niño con su tablet.

Al ser un dispositivo de diseño abierto cada centro podrá fabricar sus sets y los maestros experimentar con dinámicas en clase, tanto colaborativas como individuales. Se entiende que es importante que los educadores se apropien de la tecnología de interacción tangible para posibilitar su integración en el aula.

Por otra parte, cada niño podrá acceder a fabricar su dispositivo CETA con la asistencia de los maestros y/o la familia para utilizarlo fuera del ámbito escolar.

Se espera que la página web del proyecto opere como vía de comunicación entre la comunidad de usuarios y el equipo de investigación, permitiendo el intercambio de experiencias que ayuden a continuar el desarrollo del dispositivo y de nuevas aplicaciones. En este sentido se visualiza la posibilidad de trabajar en un futuro con un enfoque de diseño participativo conjuntamente con maestros, niños y padres para explorar nuevas posibilidades de uso del dispositivo dentro y fuera del aula.

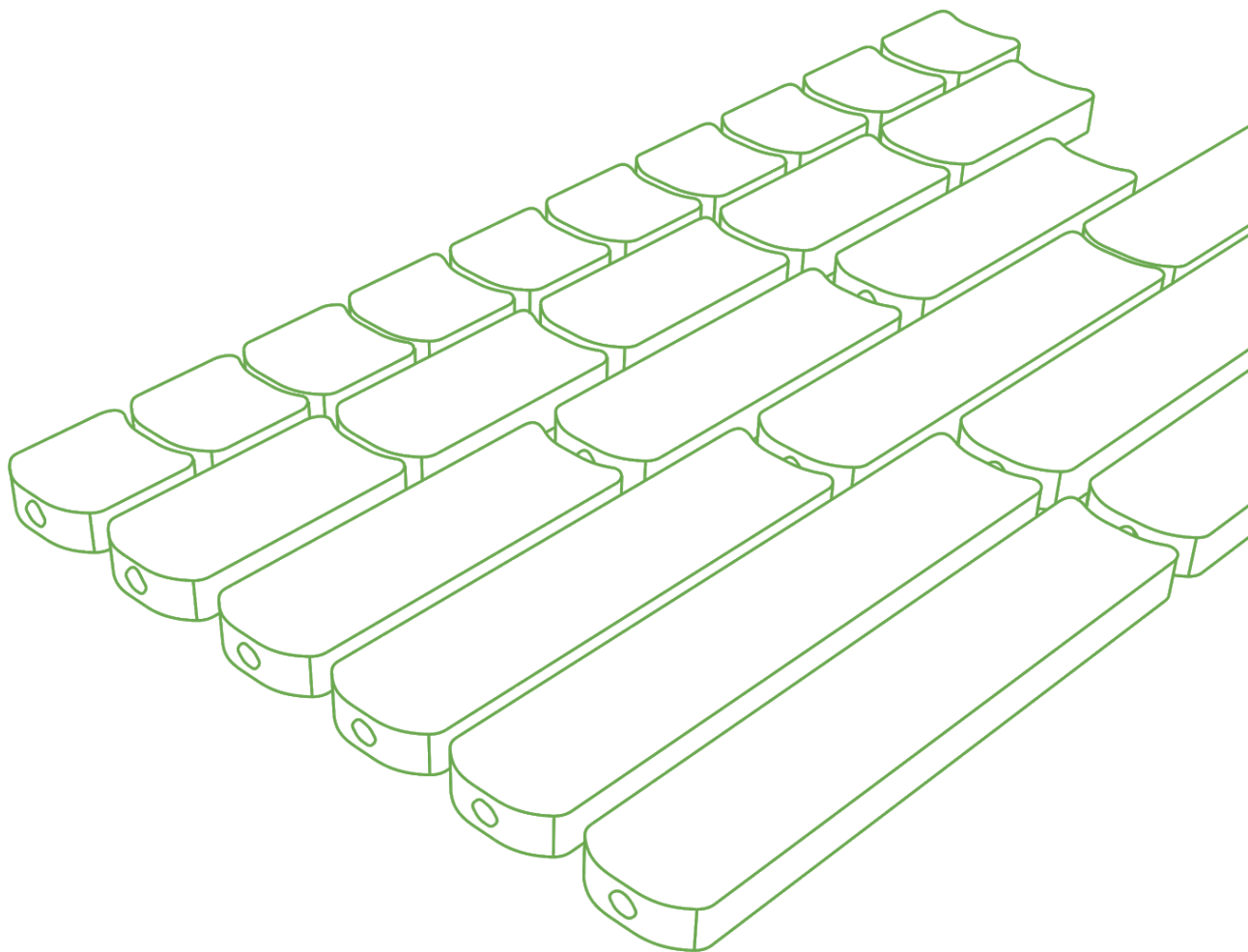
Capítulo 6

Conclusiones

Contenido

6.1 Sobre el cumplimiento de los objetivos

6.2 Reflexiones finales



En este último capítulo se presentan las conclusiones a las que se llegó mediante la realización del presente trabajo, en una primera instancia en cuanto al cumplimiento de los objetivos -general y específicos- planteados al inicio y en una segunda instancia se exponen algunas reflexiones finales acerca del proceso.

6.1 Sobre el cumplimiento de los objetivos

6.1.1 Objetivo general

Como objetivo general se planteó el diseño y desarrollo de los componentes de CETA junto al equipo de investigadores. Se considera que este objetivo fue logrado. Durante el presente trabajo se describió el proceso de diseño del sistema de interacción tangible, compuesto por una serie de componentes que constituyen el dispositivo CETA y el videojuego de estimulación cognitiva BrUNO. Como se pudo verificar, este sistema de interacción tangible permitió al equipo investigador verificar mediante evaluaciones de un impacto positivo en cuanto al uso de esta tecnología en los grupos de primer año evaluados, y sus potencialidades para la educación inclusiva.

6.1.2 Objetivos específicos

En cuanto a los objetivos específicos, se propuso diseñar los componentes físicos del sistema utilizando una metodología de Diseño Centrado en el Usuario. Como se mencionó al inicio, la metodología DCU se caracteriza por la participación activa de los usuarios y una comprensión clara de sus actividades y requisitos, la iteración de soluciones de diseño y el trabajo multidisciplinario. Durante el desarrollo del proyecto se trabajó permanentemente con niños y niñas de primer año, es decir que se trabajó directamente con los usuarios meta que usarían el dispositivo. A su vez se incorporó el aporte de las maestras como especialistas en la materia -y futuras usuarias del dispositivo- durante todo el proceso. Esto no solo permitió conocer y establecer vínculos de primera mano con los potenciales usuarios, sus actividades y su contexto, sino también recibir información de retroalimentación constante que aportó un valioso insumo para la toma de decisiones en cada iteración. A su vez, la buena recepción y el interés mostrado por parte de las educadoras y niños, deja puertas abiertas para desarrollos futuros.

En este sentido, se visualiza la posibilidad de ampliar la familia de productos CETA con nuevos manipulables y aplicaciones que podrán abarcar otros temas de la currícula escolar como geometría, geografía, lenguas, etc.

Por otra parte, el segundo objetivo específico planteado consistía en realizar aportes al diseño de interacción con un enfoque ergonómico y de experiencia de usuario.

Durante todo el proceso se puso el foco en el estudio de la interacción y la experiencia de los niños, buscando detectar elementos positivos y negativos en cuanto a la relación ergonómica entre usuario, producto, actividades y contexto. En este sentido, se considera que fueron valiosas las evaluaciones preliminares con el dispositivo OSMO, ya que permitieron relevar aspectos de la experiencia de uso con potenciales usuarios y en dos contextos bien diferenciados, lo cual constituyó un insumo importante a la hora de proyectar CETA. Las intervenciones en las escuelas Simón Bolívar y Panamá permitieron observar el uso del dispositivo diseñado en la dinámica del aula, con el mobiliario utilizado a diario por los niños y con las condiciones ambientales particulares de estos dos centros educativos.

Al igual que los resultados de las evaluaciones mencionadas en el punto 4.3, referidas al desempeño en matemáticas, el tamaño de la muestra fue una condicionante. En este sentido, se entiende que sería importante en desarrollos futuros poder evaluar los aspectos ergonómicos en una mayor cantidad de escuelas. De esta manera se podrá tener un panorama más amplio de los contextos de uso y la diversidad del mobiliario utilizado, para poder adaptar el dispositivo o sugerir prácticas de uso saludables.

Por último, el tercer objetivo específico consistía en la fabricación de los prototipos para la fase experimental. Un desafío importante que suponía el diseño del dispositivo era el de brindar a la comunidad educativa la posibilidad de fabricar sus propios “cetas”. En este sentido se trabajó desde un inicio con materiales (cartón, placa de fibra MDF, PLA y ABS) y herramientas de fabricación digital (impresoras 3D y cortadoras láser) que pudieran ser accesibles a los potenciales usuarios. Se fabricaron numerosos prototipos en función de lo requerido por los evaluadores. Para la evaluación final fueron fabricados unos 30 sets, lo que implicó fabricar 30 soportes de espejo y tablet y más de 600 piezas manipulables. Además los archivos fuente generados para la fabricación de todos los elementos necesarios para utilizar el dispositivo, podrán ser descargados por los usuarios, al igual que el videojuego, desde la página web del proyecto “ceta.edu.uy”.

Cabe mencionar dentro de este objetivo y como aspecto a mejorar, que el proceso de fabricación de los prototipos, requirió de un tiempo considerable (ver 3.4.3) para la cantidad de kits necesarios. Si bien se buscó mejorar este aspecto en la propuesta de diseño para

desarrollo futuro (ver 5.3), se entiende que este es un tema importante a seguir mejorando para el caso que se de una adopción mayor del dispositivo por parte de la comunidad educativa. Se entiende entonces que también se pudo cumplir con este objetivo.

El programa Laboratorios de Tecnologías Digitales²⁶ del Plan Ceibal brinda capacitación y provee equipamiento de fabricación digital, incluyendo kits de robótica e impresoras 3D, a los centros educativos del país. Esto plantea un escenario óptimo para el caso que se dé continuidad al desarrollo del proyecto y se adopte su uso de forma masiva.

En resumen se considera que se dio cumplimiento a los objetivos planteados al inicio del presente trabajo en cuanto al desarrollo del dispositivo. A partir de los resultados de las distintas evaluaciones realizadas, los proyectos derivados y la producción académica generada por todo el equipo investigador, se espera que exista continuidad en esta línea de investigación y desarrollo de tecnologías de interacción tangible aplicadas a la enseñanza. En tal caso será una oportunidad importante para continuar explorando sobre diseño, interacción y nuevas tecnologías desde la EUCD.

6.2 Reflexiones finales

Se entiende que el proceso descrito en el presente trabajo fue muy enriquecedor en cuanto a la formación profesional.

Se destaca el relacionamiento con el equipo de investigadores, que fue de permanente intercambio de conocimientos y aportó una mirada desde la interdisciplina muy valiosa.

Durante todo el proceso se aplicaron metodologías y herramientas basadas en conocimientos obtenidos desde distintos cursos de la carrera. Esto permitió afianzar y actualizar dichos conocimientos y contribuyendo al mismo tiempo a un proyecto de investigación en el ámbito académico.

El intercambio con niños y maestras durante las visitas sucesivas a las escuelas contribuyó al desarrollo de la práctica de la empatía, de importancia en este tipo de investigaciones. En este sentido, el trabajo en las escuelas especiales presentó un desafío mayor debido a la diversidad del contexto (diversas discapacidades, horarios y dinámicas de clase especiales), que requirió de un tiempo mayor para conocer a los niños y comprender los códigos de comunicación e interacción. El apoyo y la buena disposición de las maestras facilitó el reclutamiento y la interacción con los niños, debido a la experiencia y el vínculo, como responsables de los grupos.

²⁶ Plan Ceibal. (s.f.-b). LabTed. Recuperado 5 diciembre, 2019, de <https://www.ceibal.edu.uy/es/labted>

Por último, se destaca la oportunidad de poder realizar un trabajo de tesis en el marco de un proyecto de investigación interdisciplinario y enfocado en la mejora de la enseñanza y las nuevas tecnologías; que permitió no solo poner en práctica conocimientos teóricos y prácticos provenientes de la carrera, sino además aprender de los conocimientos de otras disciplinas. Se considera que esta instancia aportó sustancialmente a la formación integral.

Referencias / Bibliografía

NORMAN, Donald A. La psicología de los objetos cotidianos. Editorial Nerea, 1998.

Hassan-Montero, Y. (2013). Introducción a la Interacción Persona-Ordenador. Universitat Oberta de Catalunya, 2013.

Sánchez, J. G., Zea, N. P., Gutiérrez, F. L., & Cabrera, M. J. (2008). De la Usabilidad a la Jugabilidad: Diseño de Videojuegos Centrado en el Jugador. Proceedings of INTERACCION, 99-109.

Hewett, Thomas T., et al. ACM SIGCHI curricula for human-computer interaction. ACM, 1992

International Organization for Standardization [ISO]. Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts, 2018.

Nielsen, J. (2003). Usability 101: Introduction to Usability, UseIt.com Alertbox.

Miller, G. A. (2003). The cognitive revolution: a historical perspective. Trends in cognitive sciences, 7(3), 141-144.

Vásquez Echeverría, A. (2015). Manual de Introducción a la Psicología Cognitiva. Montevideo: Udelar.

Flores, C. (2001). Ergonomía para el diseño. Designio Teoría y Práctica.

MIEM. (s.f.). APROBACIÓN DEL REGLAMENTO TÉCNICO DE JUGUETES. Recuperado 6 diciembre, 2019, de <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/388-2005/1>

Giménez, A. Lorenzo, V. 2014. Medición Antropométrica en niños y niñas, aplicable al Diseño. CSIC - UDELAR.

M Horn. 2012. TopCode: Tangible Object Placement Codes. Recuperado desde <http://users.eecs.northwestern.edu/~mhorn/topcodes/>.

Ramírez Ferrero, M. (2015, 30 julio). Tratamientos superficiales post-impresión 3D (I). Tratamientos mecánicos.. Recuperado 6 diciembre, 2019, de <http://www.dima3d.com/tratamientos-superficiales-post-impresion-i-tratamientos-mecanic os/>

GONZÁLEZ PERILLI, F: (2017) Educación Tangible. Nuevas formas de interacción para el aprendizaje. Montevideo, Uruguay.

Zanuttini, Luisina & Franco, María & Neira, Guadalupe & Muñoz, Omar & Saiki, Paola & Ivetta, Mario & Etkin, Ana & Valdéz, Carlos & Frontera, Valeria & Bianchi, Carlos & Navarro, Marisa & Rosellini, Fernando & Ruiz, Marta & Tártara, Romina & Canavesio, Mariana & Dorna, Juan & Serra, Lucía & Fuente, Federico & Retamozo, Beatriz & Vogel, Lisandro. (2017). El diseño en el fortalecimiento y la integración del desarrollo regional : Actas 3º Congreso Latinoamericano de Diseño.

Facultad de Diseño y Comunicación - Universidad de Palermo (2019). Reflexión Académica en Diseño y Comunicación. N° XL. Buenos Aires, Argentina.

Marichal, S., Rosales, A., Perilli, F. G., Pires, A. C., Bakala, E., Sansone, G., & Blat, J. (2017, September). CETA: designing mixed-reality tangible interaction to enhance mathematical learning. In Proceedings of the 19th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (p. 29). ACM.

Marichal, S., Rosales, A., Sansone, G., Pires, A. C., Bakala, E., Perilli, F. G., ... & Blat, J. (2018, September). LETSmath. In Proceedings of the 20th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services Adjunct (pp. 313-320). ACM.

Pires, A. C., González Perilli, F., Bakala, E., Fleisher, B., Sansone, G., & Marichal, S. (2019, September). Building blocks of mathematical learning: virtual and tangible manipulatives lead to different strategies in number composition. In Frontiers in Education (Vol. 4, p. 81). Frontiers.

Pires, A. C., Marichal, S., Gonzalez-Perilli, F., Bakala, E., Fleischer, B., Sansone, G., & Guerreiro, T. (2019, October). A Tangible Math Game for Visually Impaired Children. In The 21st International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (pp. 670-672). ACM.

Anexos

Contenido

Referencias para fabricación: láminas técnicas

Resultados de la evaluación con OSMO

Evolución de prototipos

Referencias para fabricación: láminas técnicas

A continuación se incluye la carpeta técnica con las láminas de referencia necesarias para la fabricación. Esta carpeta es complementaria a los insumos que se dispondrán en la página web.

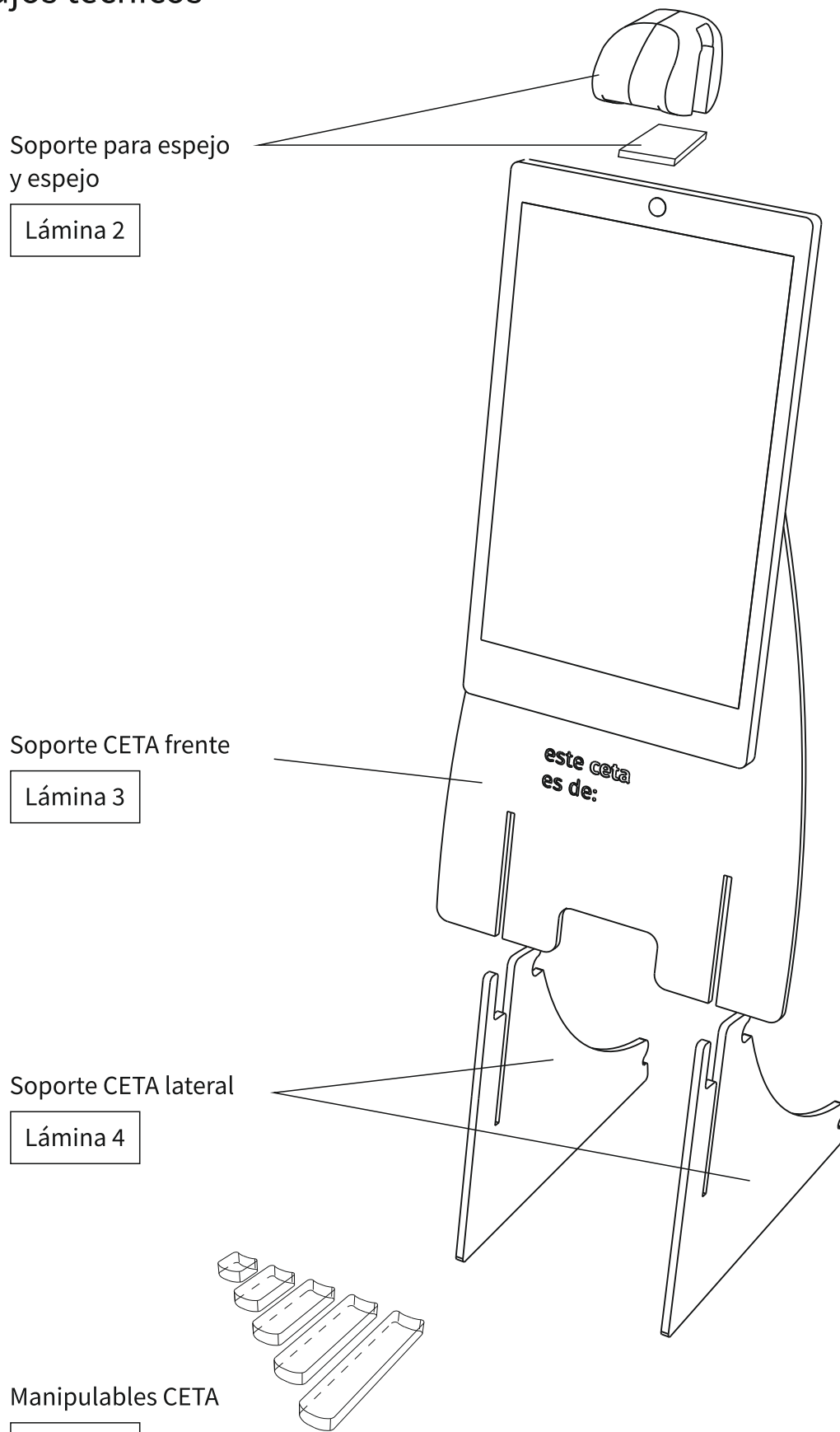
Las láminas técnicas comprenden los soportes CETA e iCETA (soporte de tablet y espejo, superficie para laptop y caja para manipulables).

Se adjuntan además las plantillas para corte y grabado de aquellos elementos que se fabriquen en MDF.

En la página web del proyecto se podrán descargar los archivos digitales para utilizar con impresora 3D en formato STL compatible con la mayoría de las impresoras disponibles en el mercado. En la página también se podrán descargar los marcadores TopCode para imprimir y pegar sobre las piezas. El usuario podrá optar por imprimir en adhesivo de corte para mayor facilidad o en el soporte de su elección.

Referencias para fabricación

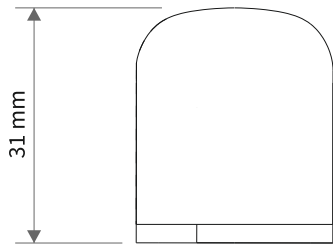
Dibujos técnicos



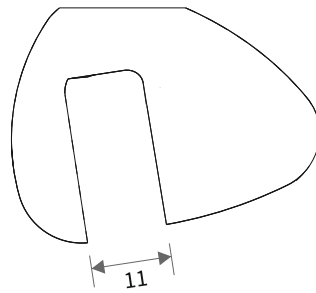
CETA componentes				
Fecha	Escala	Unid.	Material	Lámina
11/2019				1
Autor				
Equipo de diseño CETA				

SOPORTE DE ESPEJO

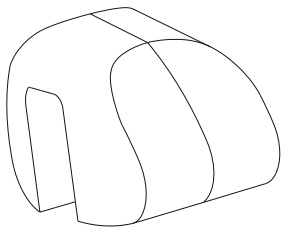
VISTA FONTAL



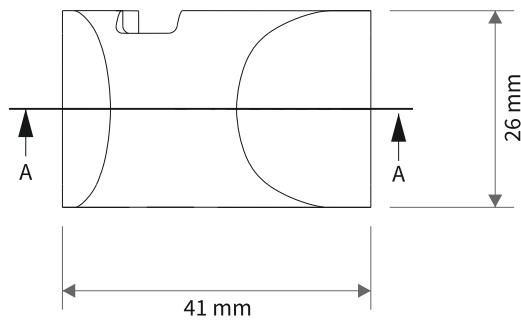
VISTA LATERAL



PERSPECTIVA

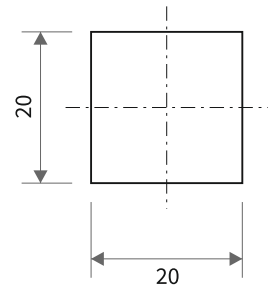


VISTA SUPERIOR

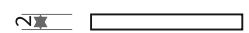


ESPEJO

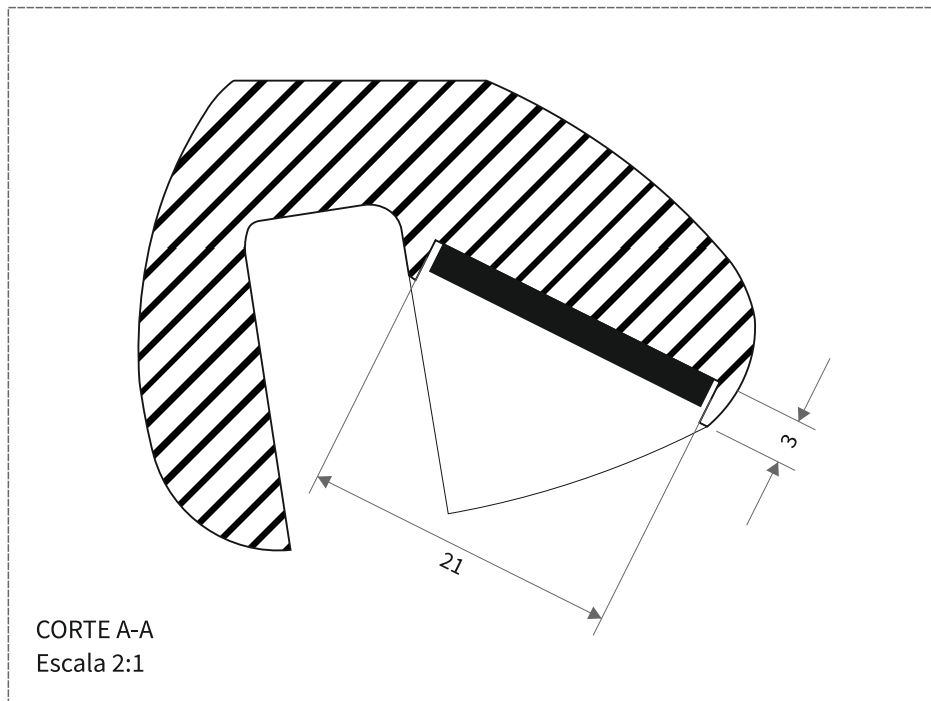
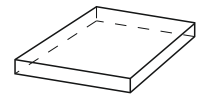
VISTA FRONTAL



VISTA SUPERIOR

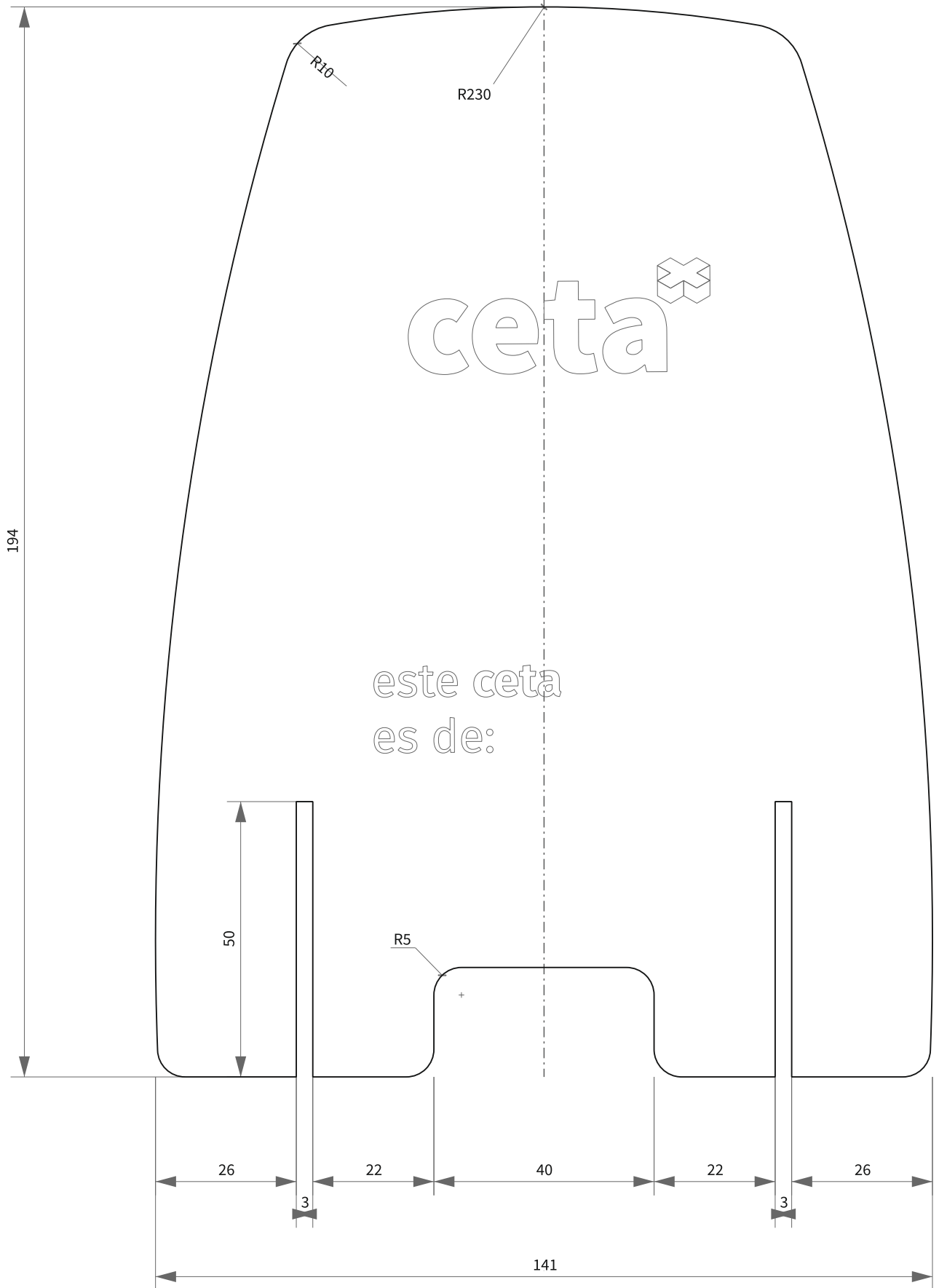


PERSPECTIVA



Soporte CETA para espejo y espejo

Fecha	Escala	Unid.	Material	Lámina
11/2019	1:1	mm	PLA / ABS	2
Autor				
Equipo de diseño CETA				

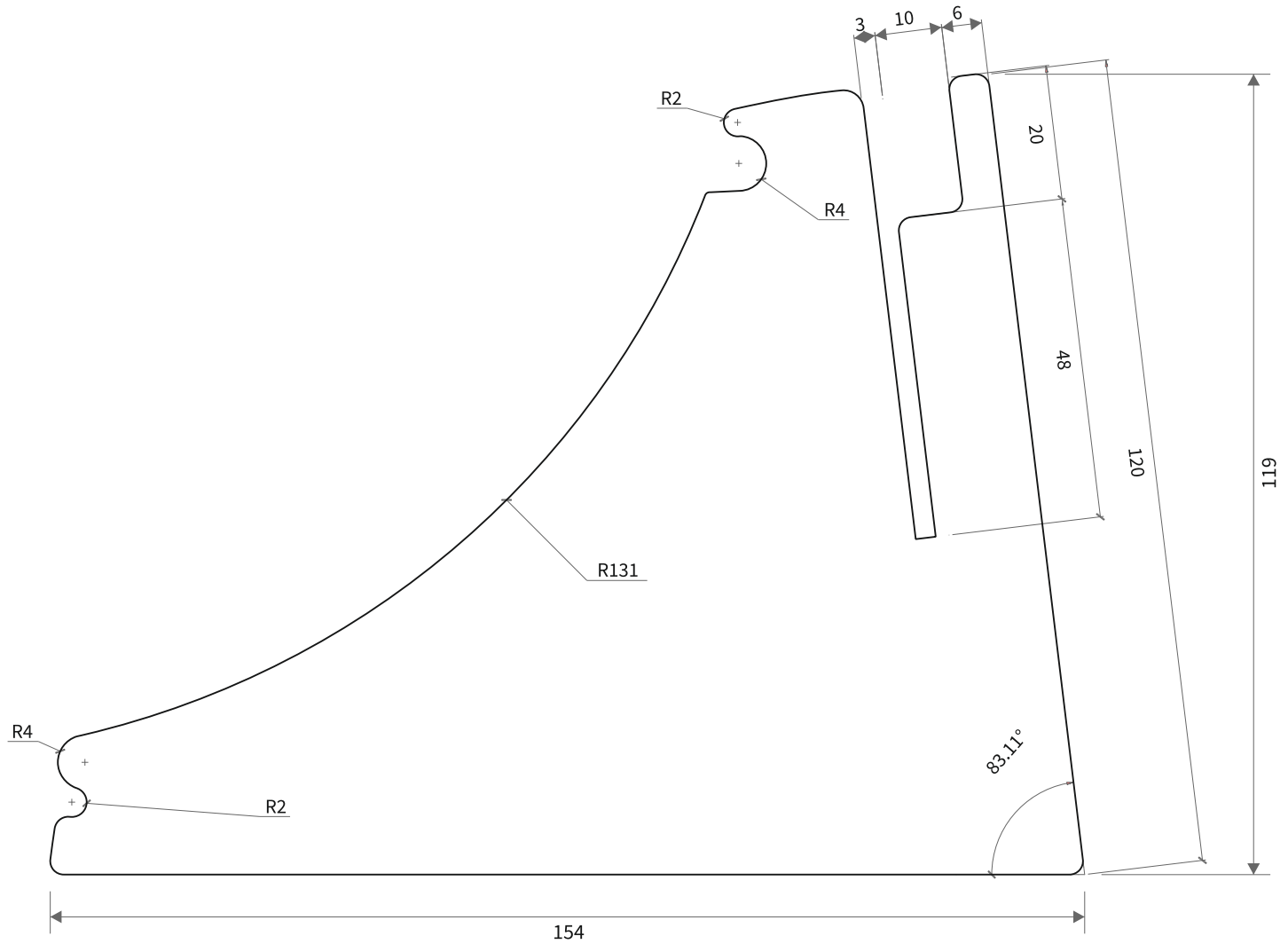


Nota:

Espesor uniforme 3mm

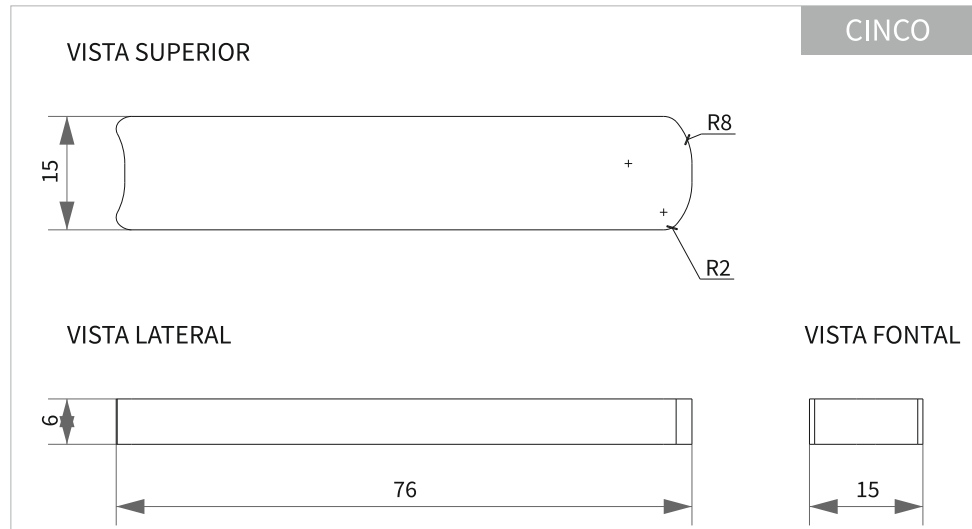
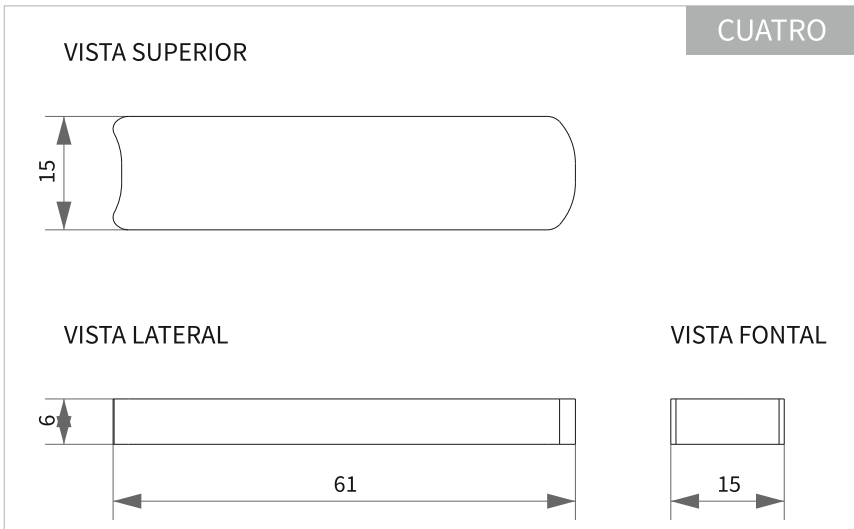
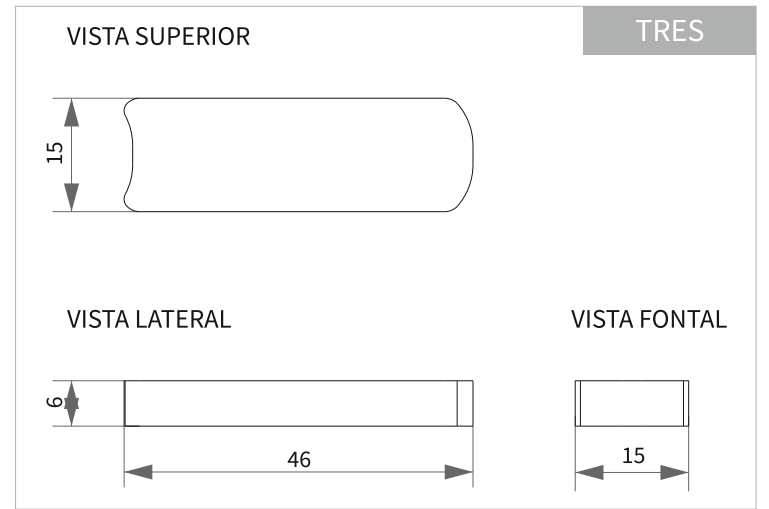
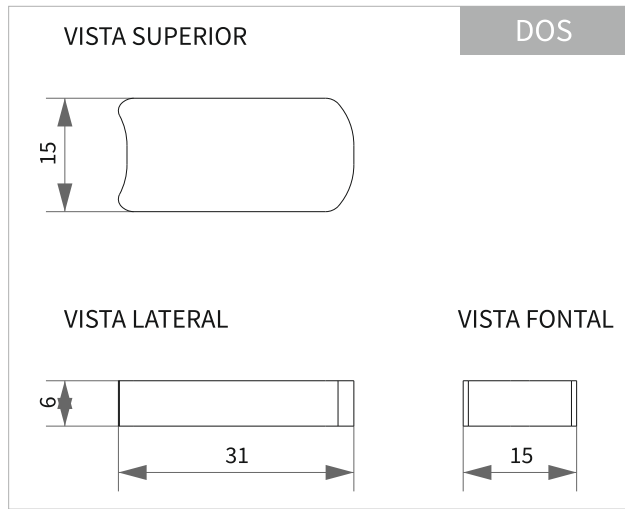
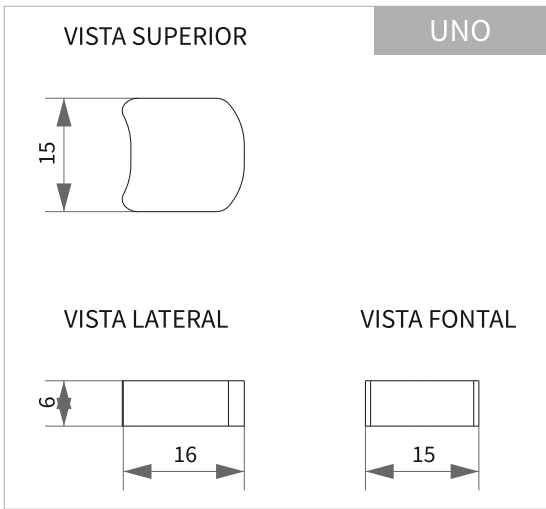
Soporte CETA frente

Fecha	Escala	Unid.	Material	Lámina
11/2019	1:1	mm	MDF 3mm	3
Autor				
Equipo de diseño CETA				



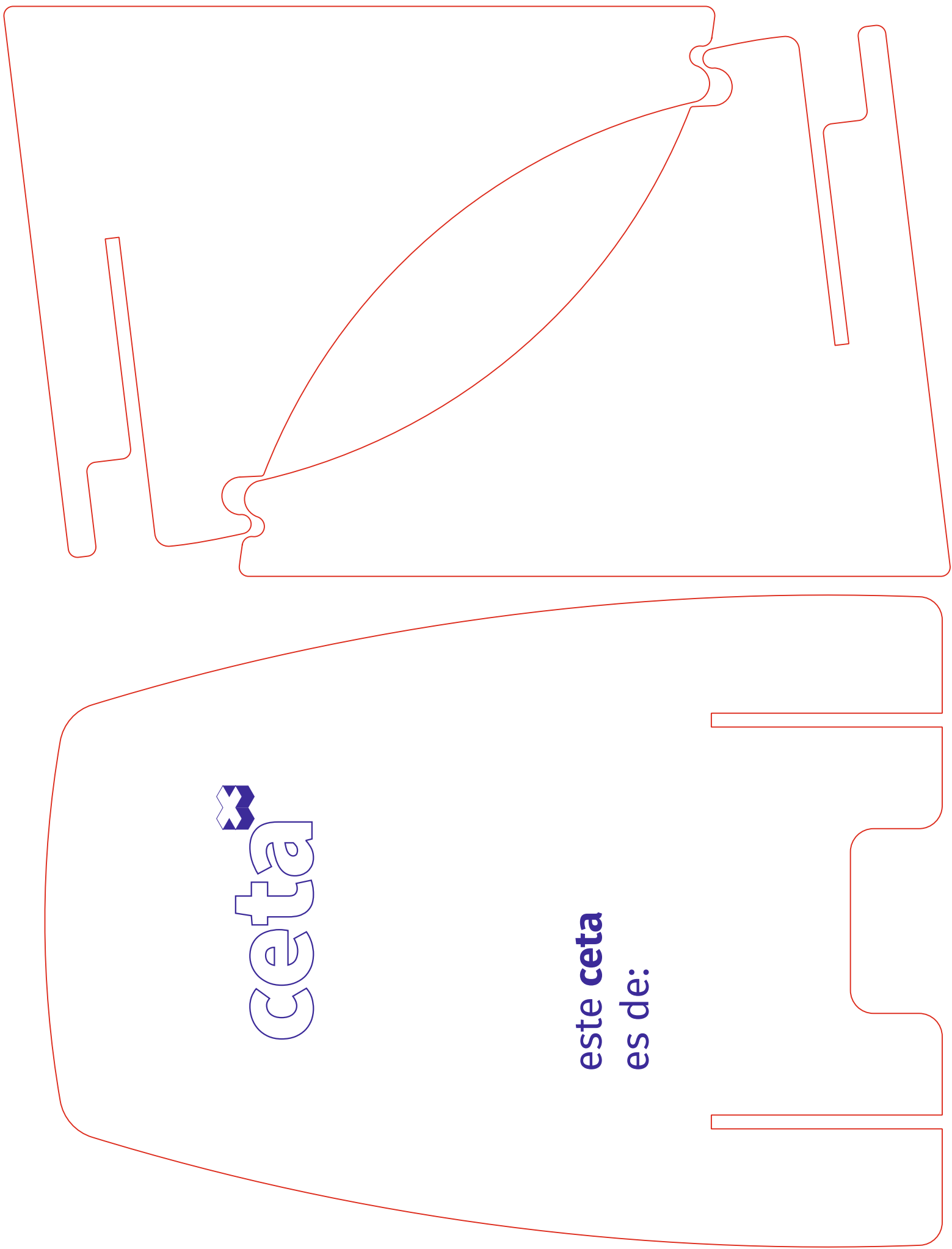
Nota:
Espesor uniforme 3mm



Soporte CETA lateral				
Fecha	Escala	Unid.	Material	Lámina
11/2019	1:1	mm	MDF 3mm	4
Autor				
Equipo de diseño CETA				



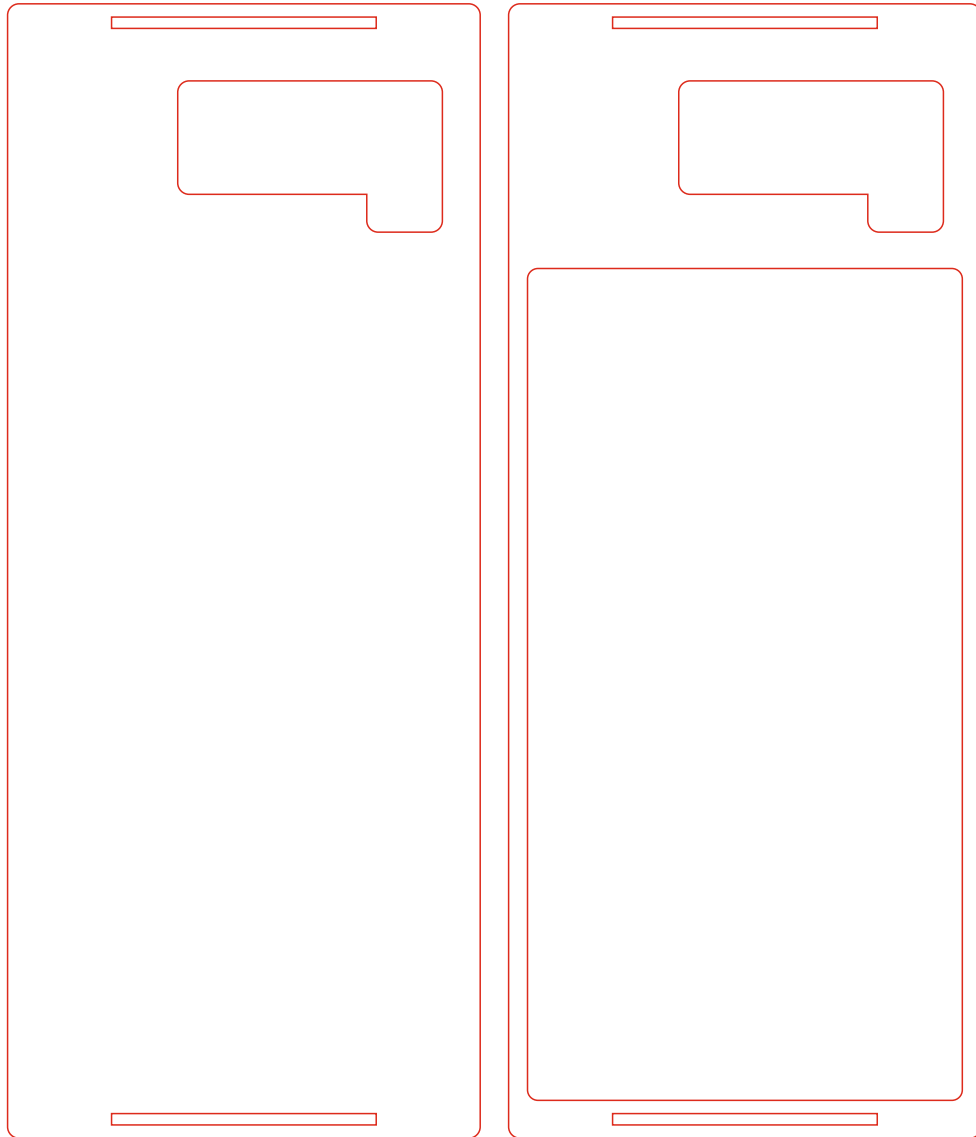
Manipulables CETA 1 al 5

Fecha	Escala	Unid.	Material	Lámina
11/2019	1:1	mm	PLA / ABS	5
Autor				
Equipo de diseño CETA				



-  GRABADO
-  LINEA DE CORTE

NOTAS	Utilizar MDF o cartón de 3mm de espesor.	PIEZA	Soporte de tablet
		FECHA	11/2019 VER 2.0



ESCALA 1:2



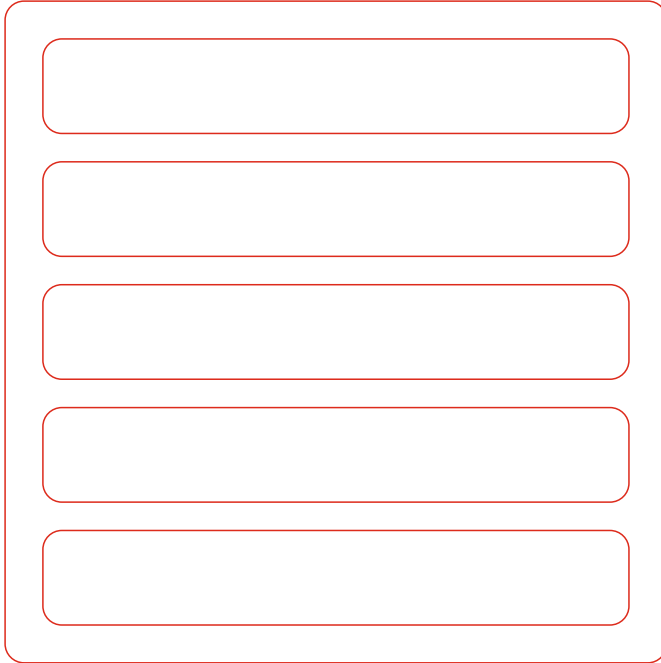
GRABADO



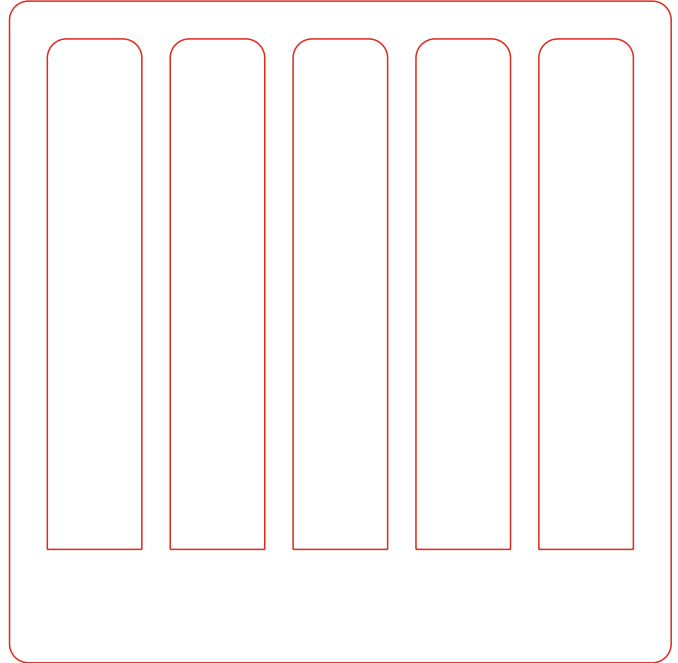
LINEA DE CORTE

NOTAS Utilizar MDF de 3mm de espesor.	PIEZA Superficie iCETA
	FECHA 11/2019 VER 1.0

PIEZA 1



PIEZA 2



PIEZA 3



Pieza N°	Cantidad
1	1
2	3
3	1

ESCALA 1:2



GRABADO



LINEA DE CORTE

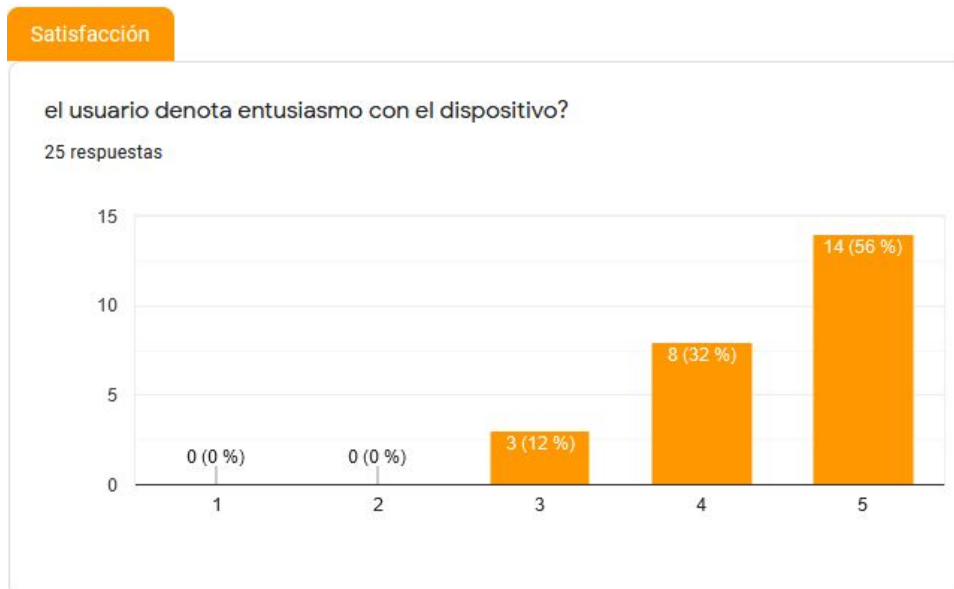
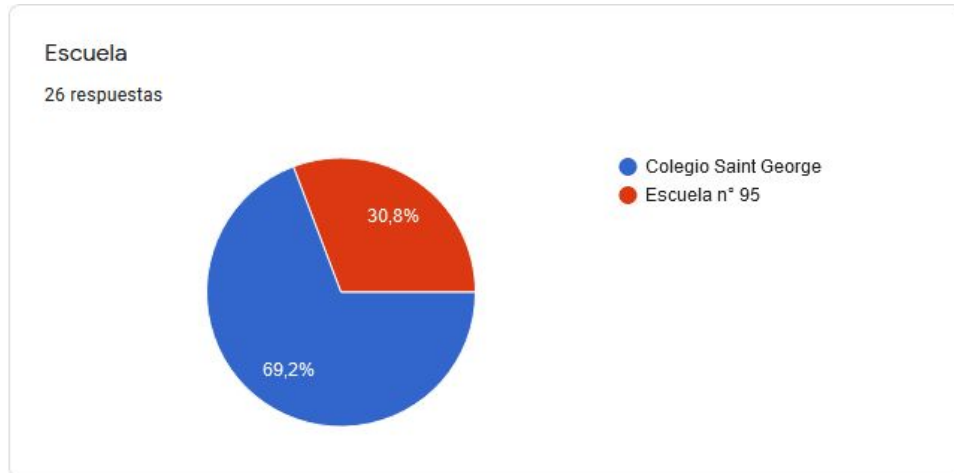
NOTAS Utilizar MDF de 3mm de espesor.

PIEZA Caja para piezas iCETA

FECHA 11/2019 **VER** 1.0

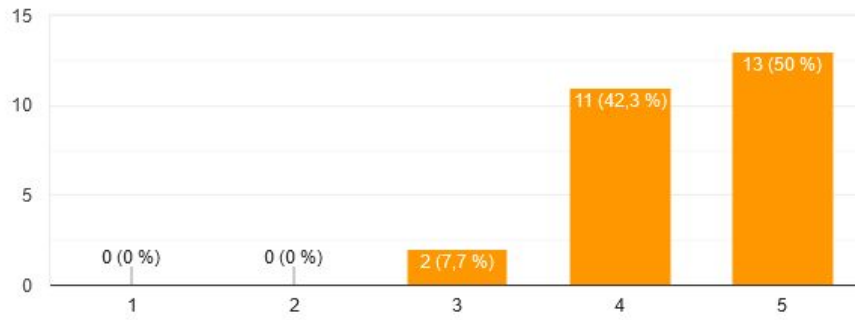
Resultados de la evaluación de usabilidad osmo.

A continuación se presentan los resultados de la evaluación de usabilidad realizada por el equipo de diseño en la Escuela pública N° 95 “La Boyada” y en el Colegio Saint Georges School.



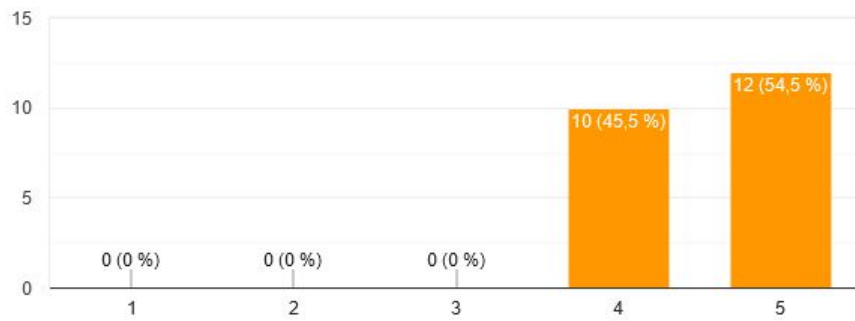
se entiende cual es el área de acción sobre la mesa?

26 respuestas



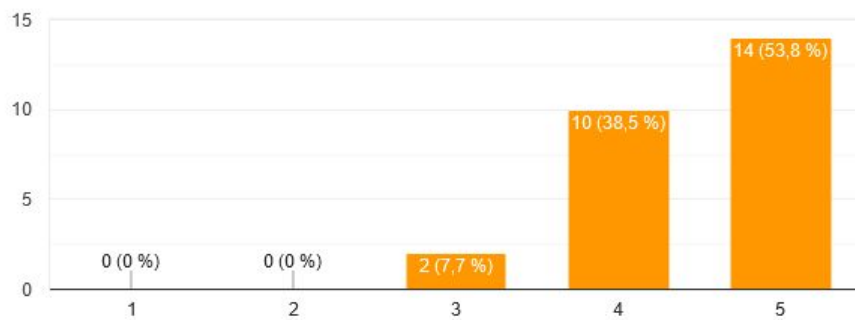
se recuerdan las reglas del juego al pasar el nivel?

22 respuestas



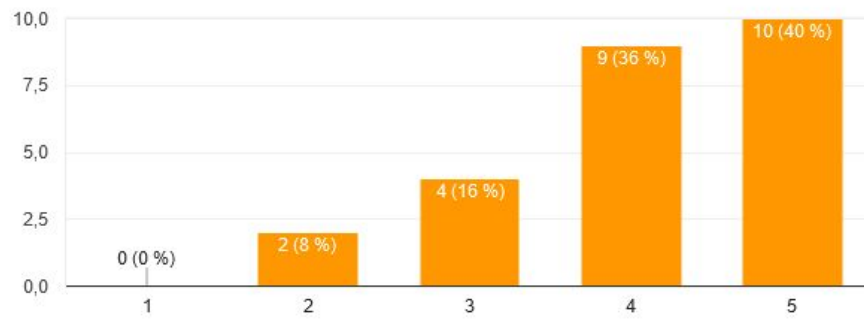
manipulación de las fichas, posicionamiento.

26 respuestas



entiende la operación matemática a realizar?

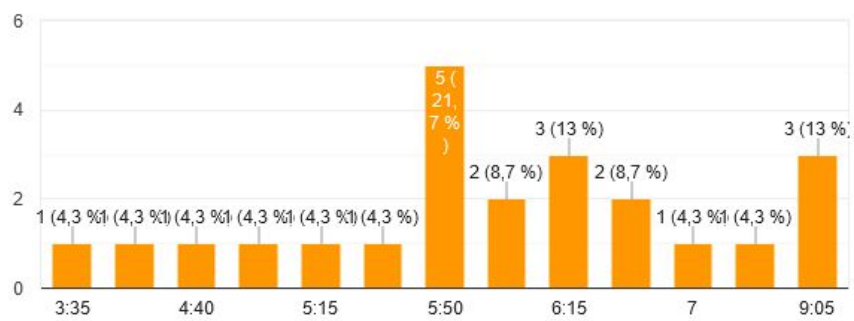
25 respuestas



Efectividad

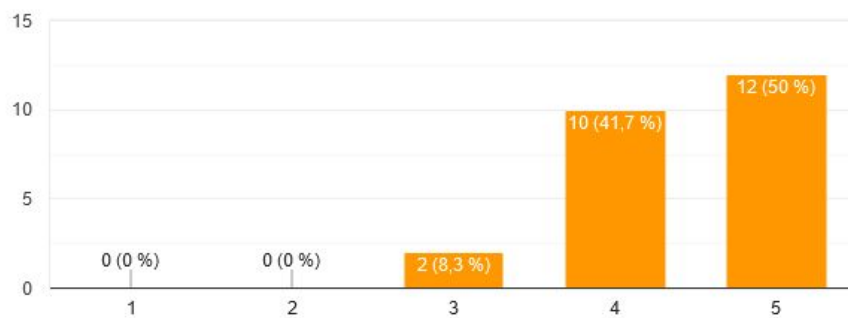
tiempo en completar etapa 1

23 respuestas



se ubican correctamente las fichas en el espacio?

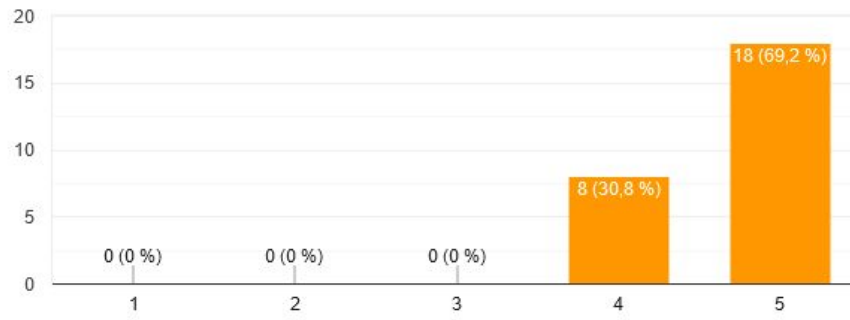
24 respuestas



Inmersión

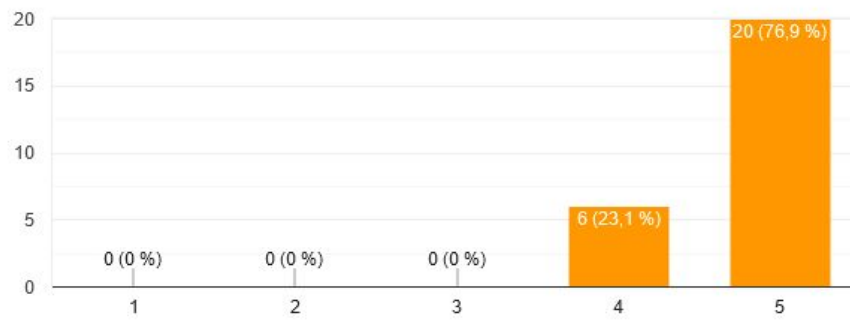
demuestra interés en el mundo virtual?

26 respuestas



le resultan agradables los gráficos?

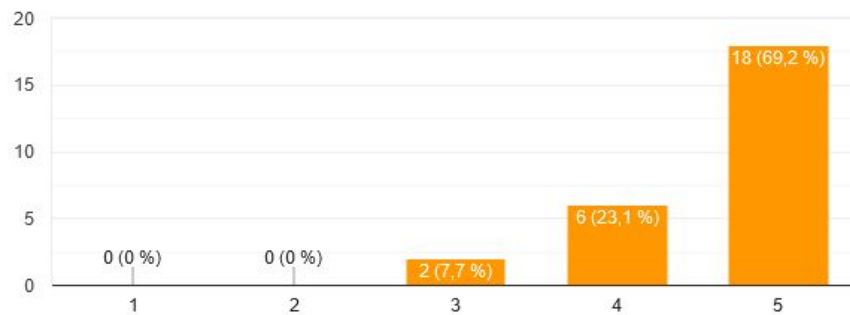
26 respuestas



Motivación

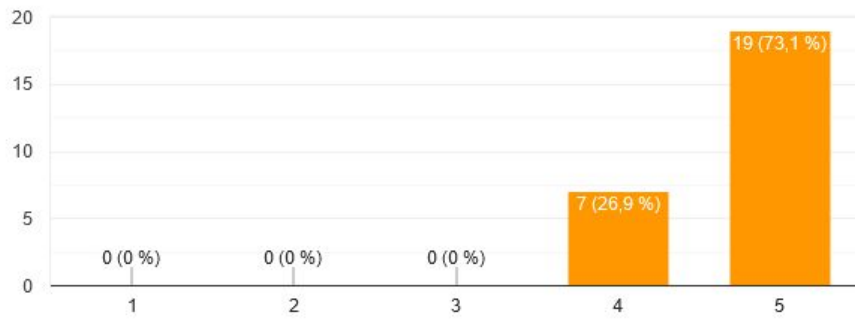
cual es la primera impresión al enfrentarse al dispositivo?

26 respuestas



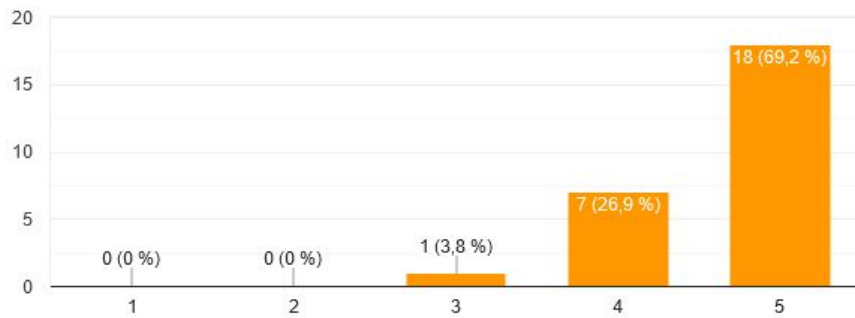
aumenta el interés al avanzar niveles?

26 respuestas



una vez completados los niveles propuestos, quiere seguir jugando?

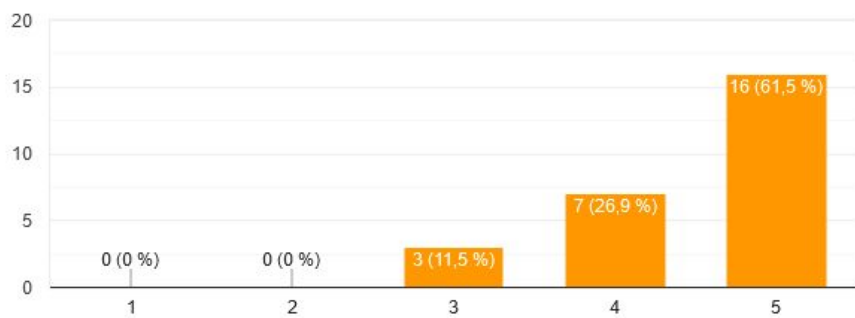
26 respuestas



Emoción

Gesticulación al jugar

26 respuestas



Cuestionario

¿Qué fue lo que más te gustó?

24 respuestas

me gustó todo

los peces

el pez, como crece cuando come

los peces, las fichas

los peces y fichas

los rayos, los peces

liberar los peces, los rayos, música y sonidos

las sumas, los rayos y los peces

peces

liberar los peces, cuando caen al agua

las sumas

las sumas, liberar peces

liberar peces

las explosiones

explotar las burbujas

los premios

los rayos

formar los numeros con las fichas

todo, me gustaría poder descargarlo

todo, liberar los peces

¿Qué fue lo que menos te gustó?

9 respuestas

me gustó todo

nada

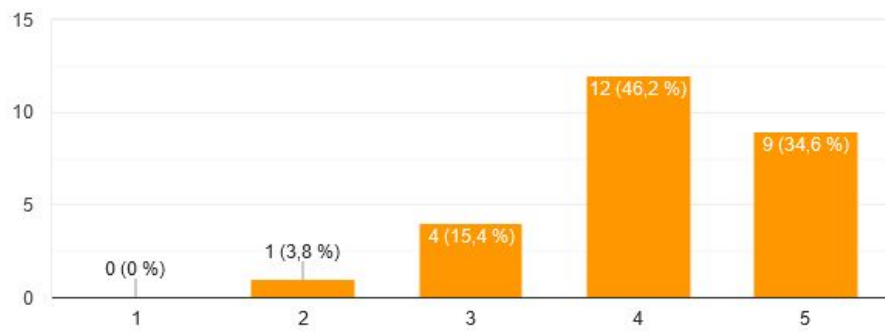
la esponja y las cajas

esponja

que suba el nivel del agua

¿Fue fácil o difícil?

26 respuestas



Evolución de los prototipos

Con la finalidad de aportar una vista alternativa más gráfica sobre el desarrollo del diseño a lo largo del desarrollo del proyecto, a continuación se incluye un resumen de la evolución de los prototipos de CETA e iCETA a lo largo de las distintas Fases.

FASE 1 - Maquetación y desarrollo de prototipos

SopORTE de espejo

SopORTE de tablet

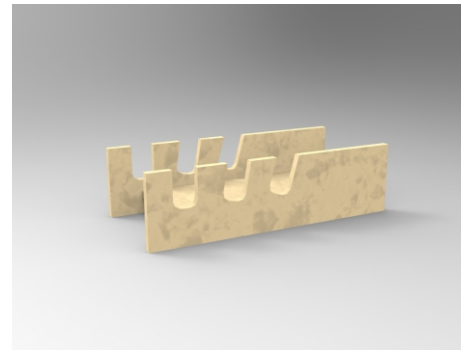
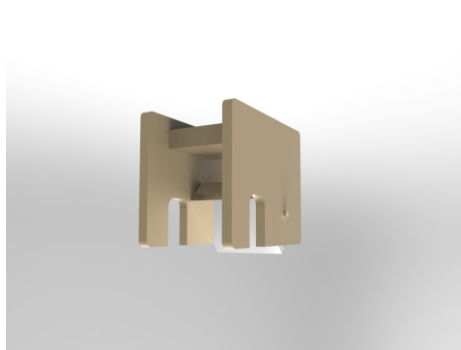
Manipulables



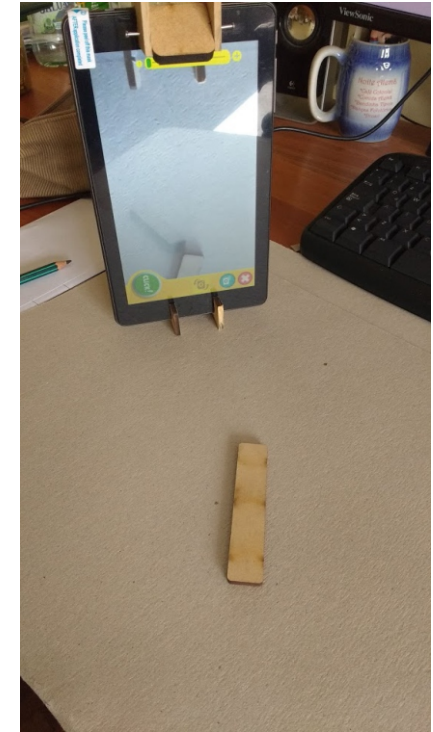
Primeras pruebas. Exploración volumétrica.



Primeras pruebas. Exploración de formas y proporciones



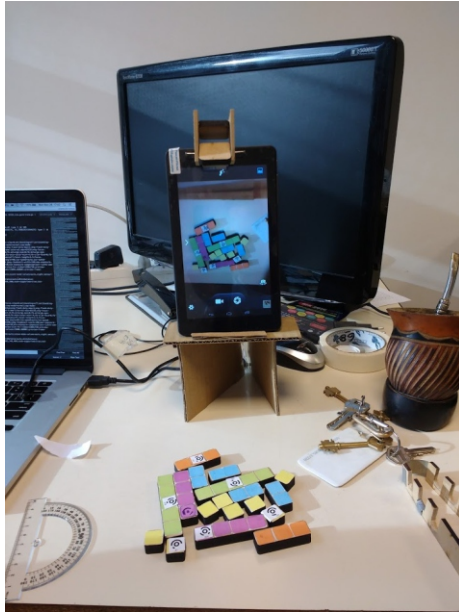
Piezas planas. Exploración de color. Soportes de tablet y espejo para simular distintas configuraciones de ángulos.



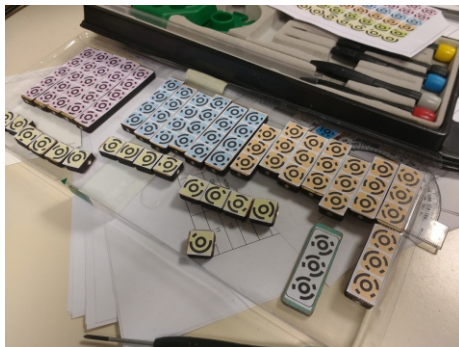
Piezas planas con sub-unidades para asistir al conteo. Verificación de visión de webcam.

FASE 2 - Maquetación y desarrollo de prototipos

SopORTE de espejo



SopORTE de tablet

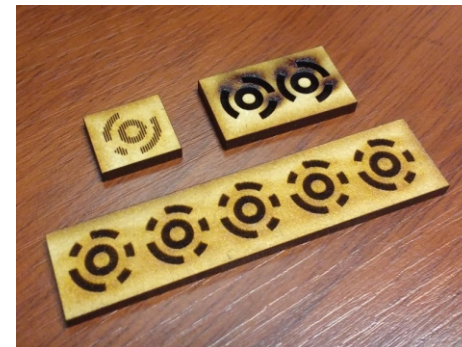


Manipulables

Incorporación de marcadores Topcodes.
Ensayos de altura y detección de los marcadores.



Ensayos de soporte de cartón plegable y con encastres.



Ensayos de marcadores grabados sobre madera con distintas intensidades de láser.



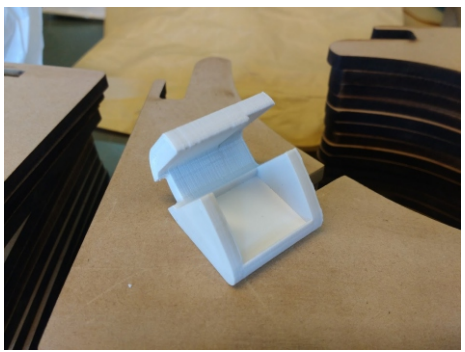
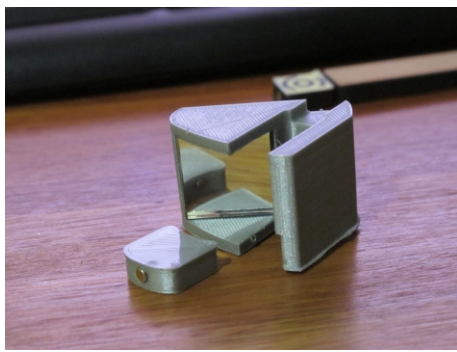
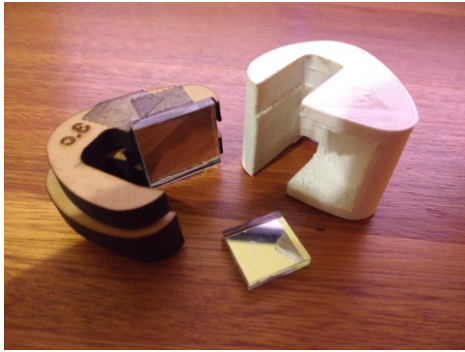
SopORTE de espejo seccionado en MDF para simular distintos ángulos.

FASE 3 - Maquetación y desarrollo de prototipos

SopORTE de espejo



SopORTE de tablet



Manipulables



Primeros ensayos con impresión 3D. Soporte de espejo basado en secciones MDF.

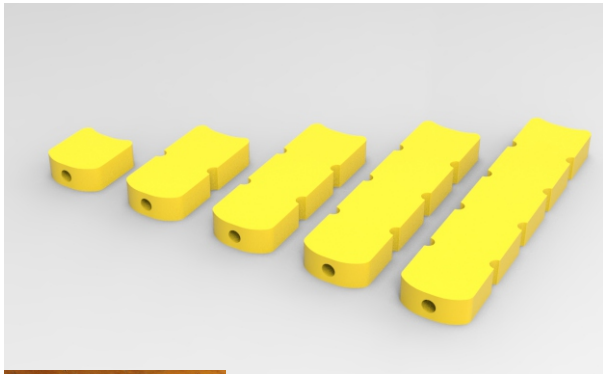
Ensayos de espejo forma orgánica. Manipulables de 1 a 5.

Soporte de tablet. Espejo optimizado para alto rendimiento de impresión.

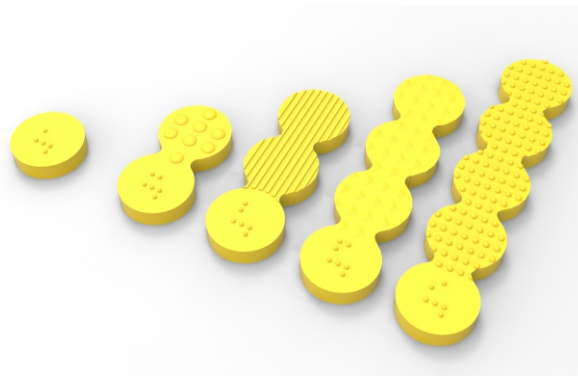
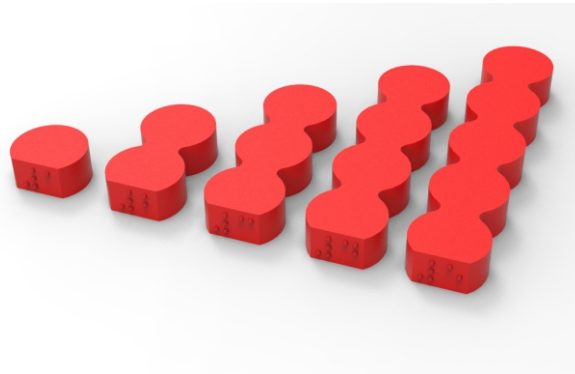
Soporte de tablet, espejo y manipulables finales.

iCETA - Maquetación y desarrollo de prototipos manipulables

Primeros ensayos marcas de reconocimiento háptico laterales

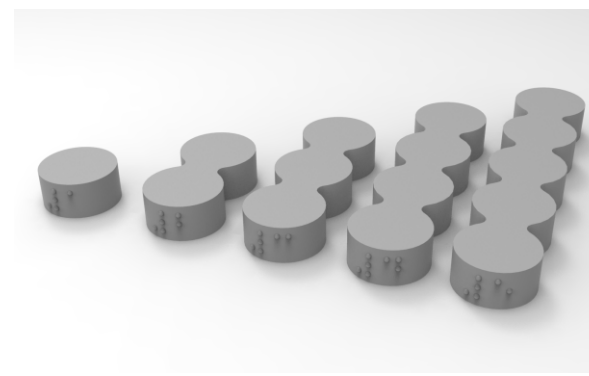


Ensayos con mayor volumen. Pruebas con extremo plano y braille.



Prueba de unidades circulares. Superficies texturadas para reconocimiento de piezas y braille.

Diseño final. Superficie escalonada para identificar arriba/abajo. Braille en extremos.

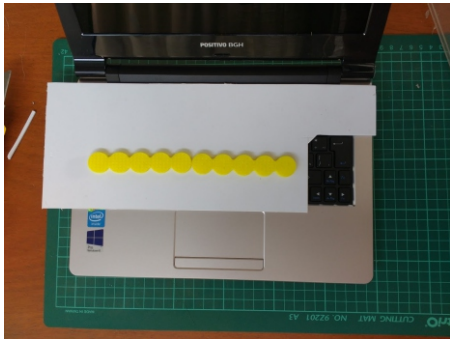
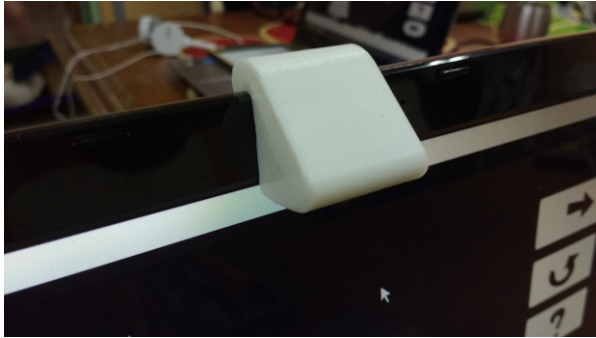


Incorporación de braille sobre cara curva.



iCETA - Maquetación y desarrollo de prototipos manipulables

Plano de trabajo, espejo y caja de piezas



Adaptación de espejo CETA para pantalla de menor espesor (laptop Ceibal).
Pruebas de área de detección

Ensayos de sujeción del plano de trabajo a la tablet.
Caja para ordenar piezas.

Plano de trabajo con fondo blanco para mejorar contraste y calado de acceso a teclas de control
Caja para ordenar piezas con referencias por color y braille.

Prototipo final para evaluaciones.

