

EN ESTE LIBRO TENEMOS EL AGRADO DE PRESENTAR UNA INVESTIGACIÓN DONDE SE IMPLEMENTARON DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS PARA OPTIMIZAR LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA LECTURA Y ESCRITURA EN NIÑOS CON SÍNDROME DE DOWN. SU OBJETIVO FUE ANALIZAR LA EFECTIVIDAD DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL BASADA EN UNA INTERFAZ DE USUARIO TANGIBLE (TUI), COMO ESTÍMULO PARA UN AMBIENTE LÚDICO DE INTERACCIÓN EN EL PROCESO DE LECTURA INICIAL. EL ESTUDIO SE ENMARCA EN UN CAMPO INTERDISCIPLINARIO EN EL QUE INTERVIENEN DOS DISCIPLINAS: CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN Y EDUCACIÓN ESPECIAL. EN LA PRIMERA, EL ÁMBITO DE ACCIÓN SE DELIMITA AL ÁREA DE INTERACCIÓN HUMANO-COMPUTADOR (HCI) Y EN LA SEGUNDA EN EL ÁREA DE LA PEDAGOGÍA. ESTAMOS SEGUROS QUE ESTE LIBRO SERÁ UN GRAN APORTE PARA LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN SERVICIO DE LOS PROCESOS EDUCATIVOS DE ESTUDIANTES CON NECESIDADES EDUCATIVAS ESPECIALES.

## INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA MEJORAR LOS PROCESOS DE LECTURA INICIAL EN ESTUDIANTES CON SÍNDROME DE DOWN



## INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA MEJORAR LOS PROCESOS DE LECTURA INICIAL EN ESTUDIANTES CON SÍNDROME DE DOWN



**JANIO JADÁN GUERRERO, PHD**

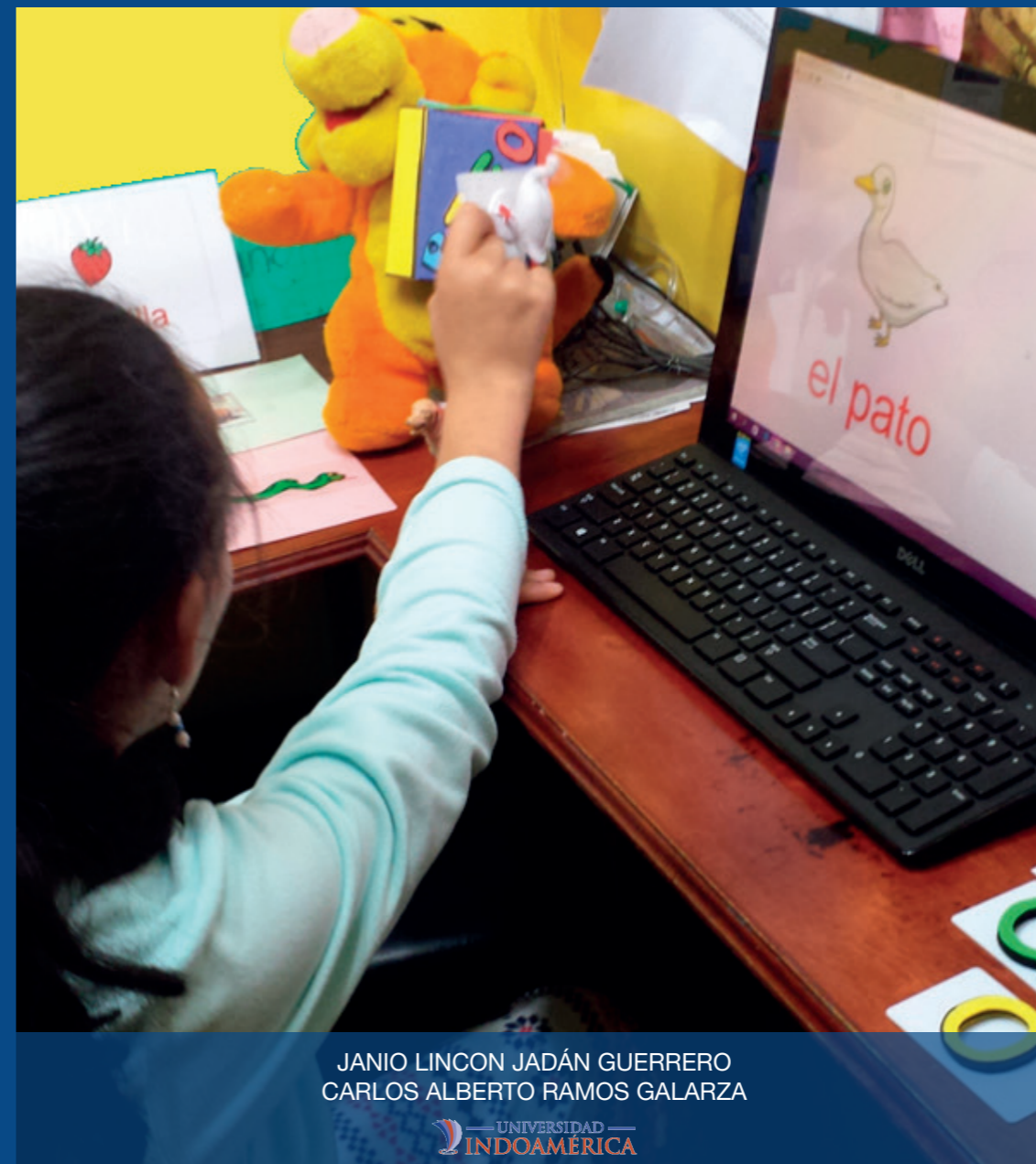
SU LÍNEA DE INVESTIGACIÓN ES LA INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA EMPRESAS, MEJORA DE PROCESOS EDUCATIVOS Y APOYO EN LA DISCAPACIDAD. ES INVESTIGADOR SENIOR CON AMPLIA TRAYECTORIA Y PUBLICACIONES EN LAS REVISTAS MÁS PRESTIGIOSAS DEL MUNDO EN TEMAS DE TECNOLOGÍA. ACTUALMENTE LIDERA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN PARA MEJORAR LOS PROCESOS COGNITIVOS DE UNIVERSITARIOS EN BASE AL DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN.



**CARLOS ALBERTO RAMOS, PHD**

SU LÍNEA DE INVESTIGACIÓN SE ENMARCA EN LA NEUROCIENCIA COGNITIVA, DONDE ESTUDIA EL DESARROLLO Y FUNCIONAMIENTO DE LAS CAPACIDADES NEUROPSICOLÓGICAS EN POBLACIÓN INFANTIL, ADOLESCENTE Y ADULTA. HA PUBLICADO 2 LIBROS Y 30 ARTÍCULOS CIENTÍFICOS EN PRESTIGIOSAS REVISTAS INDEXADAS EN WEB OF SCIENCE, SCOPUS Y LATINDEX DE DIVERSAS PARTES DEL MUNDO.

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA MEJORAR LOS PROCESOS DE LECTURA INICIAL  
EN ESTUDIANTES CON SÍNDROME DE DOWN



JANIO LINCON JADÁN GUERRERO  
CARLOS ALBERTO RAMOS GALARZA



**Primera Edición**

**Fecha de publicación:** Enero 2018

**©Autores:** Janio L. Jadán Guerrero, Carlos A. Ramos Galarza

**ISBN:** 978-9942-9916-6-9

**Elaborado en:**



**Quito - Ecuador**

Queda rigurosamente prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la fotocopia y el tratamiento informático, sin autorización escrita del titular del Copyright, bajo las sanciones previstas por las leyes.

# **INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA MEJORAR LOS PROCESOS DE LECTURA INICIAL EN ESTUDIANTES CON SÍNDROME DE DOWN**

---

JANIO LINCON JADÁN GUERRERO

CARLOS ALBERTO RAMOS GALARZA

---

## **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

### **Ambato**

Bolívar 2035 y Guayaquil

Teléfonos: (+593)3 2421 452 / 2421 713 ext. 127

### **Ambato**

Ingenierías y Arquitectura

Av. Manuelita Sáenz y Agramonte

Teléfonos (+593)3 2588 332 / 2585 359 /  
2585 441 ext. 500

### **Quito**

Machala y Sabanilla

Teléfonos: (+593)2 3826 970 /  
3826 971 / 3826 972 / 3826 973 /  
3826 974 ext. 301

**Autores :**

**Janio Jadán Guerrero**



Es Ingeniero en Sistemas graduado en la Universidad Central del Ecuador, tiene una Maestría en Ciencias de la Computación realizada en la Universidad de Costa Rica, también obtuvo una Maestría en Administración de Empresas y Marketing en la Universidad Tecnológica Indoamérica. Alcanzó su Doctorado en Computación e Informática en la Universidad de Costa Rica en el área de Interacción-Humano Computador.

Su línea de investigación es la de Interacción Humano-Computador con énfasis en la Educación Especial. En este campo ha publicado artículos científicos con indexaciones ISI Web of Science, Scopus y Latindex También ha participado en importantes congresos científicos en Estados Unidos, Francia, Alemania, Irlanda, Portugal, España, México, Colombia, Venezuela y Costa Rica.

Actualmente es el Director de Investigación de la Universidad Tecnológica Indoamérica y Director del Centro de Investigación en Mecatrónica y Sistemas Interactivos (MIST), en el cual se encuentra liderado el proyecto de investigación TIME (Tecnología Interactiva Multimodal para la Educación). Correo:

Correo: [janiojadan@uti.edu.ec](mailto:janiojadan@uti.edu.ec)

## Carlos Alberto Ramos Galarza



Es Neuropsicólogo Clínico por la Universidad Central del Ecuador. Ph.D. en Psicología Clínica por la Universidad de Concepción de Chile. Además, es Máster y Diplomado Superior en Pedagogía por la Universidad Técnica Particular de Loja.

Su línea de investigación se basa en los procesos cerebrales y cognitivos del ser humano que están implicados en la regulación consciente del comportamiento. Actualmente ha escrito 2 libros sobre el neurodesarrollo y metodología de la investigación científica. Además, cuenta con 35 artículos publicados en revistas indexadas en Web of Science, Scopus y Latindex de diversas partes del mundo.

Ha sido líder de procesos de investigación y profesor de las siguientes instituciones de educación superior: Universidad de Concepción de Chile, Universidad Andrés Bello de Chile, Universidad Central del Ecuador, Universidad de las Américas de Ecuador, Universidad Internacional SEK de Ecuador, Universidad Tecnológica Israel de Ecuador, Universidad Tecnológica Indoamérica de Ecuador y Pontificia Universidad Católica de Ecuador. Actualmente es Docente Investigador de la Facultad de Psicología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Correo: [caramos@puce.edu.ec](mailto:caramos@puce.edu.ec)

## DEDICATORIA

Janio:

Dedico este libro a todos los niños y niñas del mundo que por sus capacidades diferentes experimentan barreras educativas y sociales.

A mi hija Carolina Alexandra Jadán Altamirano, una niña dulce, amorosa y luchadora que me inspiró a investigar el campo de la Ciencias de la Computación y Educación Especial; para buscar soluciones tecnológicas que contribuyan a mejorar la calidad de vida de niños con capacidades diferentes.

A mi hijo Johann Isaac Jadán Altamirano, quién me acompaña desde 1998 cuando cursé la Maestría en Computación e Informática en la Universidad de Costa Rica y ahora se ha convertido en un joven autodidacta y apasionado por la tecnología.

A mi esposa Ileana Alexandra Altamirano León, una mujer íntegra y encantadora, quien con su amor, sacrificio y experiencia en Psicorehabilitación infantil ha contribuido a construir este sueño.

A mi padre Ángel María Jadán Peralta, quién desde alguna parte del universo hoy estará orgulloso de que haya logrado uno de sus sueños, él es quien dejó marcado el camino y me enseñó a ver el mundo desde otra arista, a soñar en grande para lograr metas grandes.

A mi madre Aida Beatriz Guerrero Garcés, una mujer de un corazón grande y altruista, trabajadora incansable y de una generosidad infinita, siempre pendiente de mi progreso y el de mis hermanos Mónica Beatriz Jadán Guerrero y Marco David Jadán Guerrero.

Carlos:

Con todo mi amor a Emanuel, mi hijo.

## AGRADECIMIENTOS

Janío:

Al Dr. Luis Alberto Guerrero Blanco, director del Programa de Doctorado en Computación. Gracias por enseñarme a ver la ciencia de una manera pragmática y por los consejos para abstraer la esencia de un investigador.

Al Dr. Javier Jaen, catedrático de la Universidad Politécnica de Valencia y tutor durante la estancia de investigación en España, por integrarme en su grupo de investigación y compartir técnicas de experimentación en el área Interacción Humano-Computador.

Al Dr. Vladimir Lara, director del Posgrado en Computación e Informática, por su aporte científico y toda la logística brindada durante mi estancia en el doctorado.

A la Dra. María de los Ángeles Carpio, autora del método de lectoescritura PIFO, por su invaluable aporte en el campo de la Educación Especial y la autorización de uso del método en la investigación.

A la Dra. Gabriela Marín Raventós, directora del Centro de Investigaciones en Tecnologías de la Información y Comunicación (CITIC), por su apoyo constante, tanto en la motivación personal como en la gestión de recursos para la participación en congresos y publicaciones.

A la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) por el apoyo financiero para la realización de mis estudios doctorales; así como a la Universidad Tecnológica Indoamérica y Universidad de Costa Rica por el patrocinio y asignación de fondos para la realización de la pasantía de investigación en España y la presentación de ponencias.

A mis maestros Gabriela Barrantes, Ileana Castillo, Marcelo Jenkins, Susan Francis, Odir Rodríguez, Marta Calderón y Adrián Vergara, por compartir sus conocimientos y aportar en nuestro crecimiento científico.

A mis compañeros, Kryscia Ramírez, Gustavo López, Luis Quezada, Andrea Torres, Gaudy Blanco y demás integrantes del grupo de investigación USING (User INteraction Group) por su colaboración incondicional.

A Yorlenny Mora y Cindy Cárdenas del Programa de Posgrado en Computación e Informática por su apoyo logístico en todos los trámites internos y externos del programa.

A Hannia Morales, Ramón Bonilla y Francisco Coccozza colaboradores del CITIC por facilitar el uso de recursos para desarrollar mi investigación.

A mis demás compañeros del doctorado, Jeisson, Edgar, Luis Gustavo, Christian, Juan, Abel, Ricardo y Hugo, por compartir su tiempo, inquietudes, preocupaciones y experiencias durante todo el doctorado.

A mis hermanos Mónica y Marco Jadán Guerrero, por sus palabras de aliento y apoyo en asuntos familiares durante mi ausencia en Ecuador.

A Felipe y Carlos Jadán Piedra, mis primos que abrieron las puertas de su hogar en Valencia y me permitieron compartir experiencias de vida en un contexto diferente al Latinoamericano.

A mis suegros Elsie León y Cesar Altamirano, mis cuñados Mónica, Enrique, Zandra y sus familias por apoyar y cuidar de mi familia en mi ausencia y motivarme para seguir con la meta propuesta. Así mismo a todos mis familiares y amigos que de forma directa o indirecta me apoyaron con sus acciones y palabras para continuar con este importante reto.

Carlos:

Quiero expresar mi profunda gratitud a mis Profesoras y Profesores del Doctorado en Psicología de la Universidad de Concepción de Chile, quienes supieron guiarme de manera magistral en la formación como investigador.

Agradezco a mi país, República del Ecuador, por haber creído en mí y haberme apoyado para cumplir con el sueño de ser un científico en Psicología.

A Emanuel y Mónica, les expreso mi eterna gratitud por estar siempre a mi lado y por ser mi fortaleza para juntos salir adelante en todas las vicisitudes que la vida nos ha puesto en frente.

A mi madre Olga, por todos sus sacrificios para que junto con mis hermanos tengamos un mejor futuro.

A mi abuelo Wilfrido Ramos, por todas sus enseñanzas que calaron en lo más profundo de mi alma y ahora son la esencia de mi motivación.



## INDICE

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	viii
TABLA DE CONTENIDOS.....	xiii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xxi
LISTA DE TABLAS.....	xxiii
LISTA DE FIGURAS.....	xxvii
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>33</b>
1.1. Antecedentes.....	37
1.1.1. Problema.....	50
1.1.2. Preguntas de Investigación.....	54
1.2. Justificación.....	56
1.2.1. Objetivos de la investigación.....	62
1.3 Estado del arte.....	63
1.3.1. Revisión bibliográfica exploratoria.....	63
1.3.2. Revisión bibliográfica sistemática.....	75
1.4 Estructura del libro.....	85
<b>2 PRINCIPIOS DE DISEÑO DE INTERFACES DE USUARIO</b>	
<b>TANGIBLE.....</b>	<b>88</b>
2.1. Interacción Humano-Computador.....	88
2.2. Interfaces de usuario no tradicionales.....	94
2.2.1. Interfaces de usuarios hápticas.....	96

2.2.2. Interfaces gestuales.....	97
2.2.3. Interfaces de locomoción.....	98
2.2.4. Interfaces auditivas.....	98
2.2.5. Interfaces de voz.....	99
2.2.6. Interfaces olfativas.....	100
2.2.7. Interfaces gustativas.....	100
2.2.8. Micro interfaces.....	101
2.2.9. Interfaces cerebrales.....	101
2.2.10. Interfaces de usuarios tangibles.....	102
2.3. Tecnologías de las interfaces tangibles.....	108
2.4. Métodos de evaluación en HCI.....	111

### 3 LECTURA INICIAL EN ESTUDIANTES CON SÍNDROME

<b>DE DOWN.....</b>	<b>118</b>
3.1. Lectura inicial.....	119
3.1.1. Prerrequisitos.....	120
3.1.2. Requisitos.....	122
3.1.2.1. Conciencia Léxica.....	123
3.1.2.2. Conciencia rítmica.....	124
3.1.2.3. Conciencia silábica.....	126
3.1.2.4. Conciencia fonémica.....	127
3.1.3. Proceso.....	128
3.1.4. Dificultades.....	130
3.2. Características de un estudiante con síndrome de down.....	132
3.2.1. Lenguaje.....	134

3.2.2. Motivación.....	135
3.2.3. Atención.....	136
3.2.4. Percepción.....	138
3.2.5. Memoria.....	140
3.2.6. Motricidad.....	141
3.2.7. Inteligencia.....	141
3.2.8. Personalidad.....	142
3.2.9. Conducta y sociabilidad.....	144
3.3. Aprendizaje de la lectura en estudiantes con síndrome de down.....	145
3.3.1. Método global.....	149
3.3.2. Método Picto Fónico (Pifo).....	152
<b>4 MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>157</b>
4.1. Tipo de estudio.....	157
4.2. Diseño Metodológico.....	160
4.2.1. Participantes.....	164
4.2.2. Instrumentos.....	165
4.2.2.1. Entrevistas.....	166
4.2.2.2. Encuesta.....	166
4.2.2.3. Grabación de video.....	167
4.2.2.4. Instrumentos de registro.....	168
4.2.3. Procedimiento.....	170
4.2.4. Técnicas para el análisis de la información.....	174
<b>5 KITERACY.....</b>	<b>178</b>
5.1. Repositorio de objetos de aprendizaje.....	180

5.2. Kit basado en el método global .....	185
5.2.1. Fase Empatiza .....	186
5.2.2. Fase Define .....	189
5.2.3. Fase Idea .....	193
5.2.4. Fase Prototipa .....	195
5.2.5. Fase Prueba .....	197
5.3. Kit basado en el método Pifo .....	199
<b>6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>203</b>
6.1. Recopilación de información para el diseño de la arquitectura .....	203
6.2. Desarrollo de una herramienta computacional .....	218
6.3. Implementación de kits basados en interfaces tangibles .....	222
6.4. Evaluación de aspectos de interacción en un escenario real .....	225
6.4.1. Lenguaje .....	232
6.4.2. Motivación .....	237
6.4.3. Atención y Percepción .....	240
6.4.4. Memoria .....	245
6.4.5. Motricidad .....	249
<b>7 CONCLUSIONES .....</b>	<b>264</b>
7.1. Otros hallazgos .....	268
7.2. Alcance y limitaciones .....	271
7.3. Trabajo Futuro .....	272

<b>GLOSARIO</b> .....	<b>275</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>277</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>291</b>
A. Proceso del Mapeo Sistemático de Literatura .....	291
B. Encuesta sobre el uso de pedagogía y tecnología en la Educación Especial .....	297
C. Encuesta sobre el uso de tecnología en la lectoescritura .....	302
D. Entrevista a los autores de los métodos de lectoescritura .....	310
E. Consentimiento Informado .....	313
F. Encuesta Demográfica Pre-Test del profesorado .....	314
G. Encuesta Demográfica Pre-Test del estudiante .....	318
H. Actividades en la evaluación de Kiteracy .....	322
I. Encuesta experimental Post-Test .....	330
J. Tablas de resultados cuantitativos del cuasi-experimento .....	333



## RESUMEN

La presente investigación se centra en el estudio empírico de aspectos de interacción, motivación y aprendizaje en el proceso de alfabetización de estudiantes con síndrome de Down (SD). Su objetivo es analizar la efectividad de una herramienta computacional basada en una Interfaz de Usuario Tangible (TUI), como estímulo para un ambiente lúdico de interacción en el proceso de lectura inicial. Se enmarca en un campo interdisciplinario en el que intervienen dos disciplinas: Ciencias de la Computación y Educación Especial. En la primera, el ámbito de acción se delimita al área de Interacción Humano-Computador (HCI) y en la segunda en el área de la Pedagogía.

El proceso inició con un estudio exploratorio en Ecuador y Costa Rica sobre el uso de recursos tecnológicos y métodos de lectoescritura que el profesorado utiliza con estudiantes con discapacidad intelectual. A través de entrevistas y encuestas a 15 maestras de Educación Especial se identificaron dos métodos de lectoescritura, el método Global Troncoso (Analítico) propuesto por una autora española y el método Picto Fónico PiFo (Sintético) propuesto por una autora costarricense. Mediante una revisión sistemática de literatura se estableció el estado del arte y se identificaron problemas abiertos en el ámbito de diseño de tecnologías que apoyan el proceso de alfabetización, particularmente aquellas basadas en Interfaces de Usuario Tangibles.

A partir de la información recabada se presentó una primera propuesta computacional denominada Tic@ula (Tecnologías de

la Información y la Comunicación para el aula costarricense). La propuesta se basó en una plataforma web que aplicó el estándar IEEE-LOM (Metadatos de objetos de aprendizaje) con el fin de estructurar un repositorio con los contenidos de los métodos de lectoescritura. La plataforma fue evaluada por 5 maestras de Educación Especial en Costa Rica y una pedagoga española. Posteriormente, se diseñó el prototipo Kiteracy (Kit de objetos tangibles para la alfabetización) basado en el método de lectoescritura Global y el prototipo Kiteracy PiFo (Kiteracy Picto Fónico) basado en el método PiFo. En la interfaz tangible se utilizó la tecnología de Radio Frecuencia (RFID) en la que se incorporaron microchips en objetos fabricados con una impresora 3D y juguetes de bajo costo.

Se diseñó una evaluación de corte cuasi-experimental en dos instituciones de Educación Especial, Asindown en España, en la que participaron 4 pedagogas y 12 estudiantes con síndrome de Down. Centro de Educación Especial Fernando Centeno Güell en Costa Rica, en la que participaron 4 maestras y 6 estudiantes, también con síndrome de Down. La evaluación permitió evidenciar aspectos positivos de interacción y accesibilidad de Kiteracy en el proceso de lectura inicial.

Frases clave: Síndrome de Down, Lectura Inicial, Interfaces Tangibles de Usuario, Interacción Humano-Computador

## ABSTRACT

This research focuses on the empirical study of aspects of interaction, motivation and learning in the literacy process supported by technology focused on Down syndrome (DS) students. The goal of the research is to design, implement and evaluate a Tangible User Interface (TUI) for strengthening interaction in the initial reading process of Down syndrome children. This study is part of an interdisciplinary field that involves Computer Science and Special Education. In the first, the scope is Human-Computer Interaction (HCI). In the second, the scope is the Pedagogy.

The research began with an exploratory study in Ecuador and Costa Rica to aboard the use of resources and methods used in the literacy process of children with intellectual disabilities. Through interviews and surveys with 15 special education teachers two literacy methods were identified, the Troncoso method (Analytic) proposed by a Spanish author and Picto Phonic PiFo method (Synthetic) proposed by a Costa Rican author Through a systematic literature review the state of art was established and open problems in the design of technologies that support the literacy process, particularly in those based on Tangible User Interface.

Based on the collected information in the study, a first computational platform was proposed. Tic@ula (Information and communications technology for classroom) is based on a web repository that uses the IEEE-LOM (Learning Object Metadata)

standard. The platform was evaluated by five teachers of Special Education in Costa Rica and a Spanish pedagogue. Subsequently, the Kiteracy (Kit tangible objects for literacy) prototype based on the method of Global Literacy and the prototype Kiteracy Pifo (Kiteracy Picto Fon) based on the Pifo method were designed. The tangible interfaces were based in Radio frequency technology (RFID), in which microchips were incorporated into objects made with a 3D printer and low cost toys.

A quasi-experimental research was designed in two Special Education institutions, Asindow in Spain, in which the participants were 4 pedagogues and 12 students with Down syndrome. Fernando Centeno Güell School in Costa Rica, in which the participants were 4 Special Education teachers and 6 students with Down syndrome. The evaluation allowed to demonstrate positive aspects of interaction and accessibility of Kiteracy in the process of initial reading.

Key phrases: Down Syndrome, Initial Reading, Tangible User Interfaces, Human-Computer Interaction.

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Distribución porcentual del tipo de discapacidad en Costa Rica.....	39
<b>Tabla 2:</b> Distribución porcentual del tipo de discapacidad en Ecuador.....	40
<b>Tabla 3:</b> Aplicación de la metodología Top-Down para diseño tecnológico.....	60
<b>Tabla 4:</b> TIC utilizadas en la educación de estudiantes con discapacidad visual.....	65
<b>Tabla 5:</b> TIC utilizadas en la educación de estudiantes con discapacidad auditiva y lenguaje.....	67
<b>Tabla 6:</b> TIC utilizadas en la educación de estudiantes con discapacidad física e intelectual.....	69
<b>Tabla 7:</b> TIC basadas en Interfaces de Usuario Tangibles para fortalecer la interacción.....	72
<b>Tabla 8:</b> Resumen de los artículos del mapeo sistemático de literatura.....	76
<b>Tabla 9:</b> Información general de rangos de cobertura de tecnologías de TUI.....	109
<b>Tabla 10:</b> Etapas de la lectura del método de Global Troncoso.....	151
<b>Tabla 11:</b> Etapas del método de lectoescritura Picto Fónico (PiFo).....	154
<b>Tabla 12:</b> Factores del diseño del cuasi-experimento.....	163

<b>Tabla 13:</b> Nivel de desarrollo de funciones cognitivas de estudiantes de España.....	208
<b>Tabla 14:</b> Nivel de desarrollo de funciones cognitivas de estudiantes de Costa Rica.....	210
<b>Tabla 15:</b> Resumen de las conductas observadas.....	216
<b>Tabla 16:</b> Resumen de los resultados comparación de medias con el Factor Interfaz.....	258
<b>Tabla 17:</b> Resumen de los resultados de comparación de medias con el factor Estilo de Instrucción.....	260
<b>Tabla 18:</b> Criterios de búsqueda en el mapeo sistemático de literatura.....	293
<b>Tabla 19:</b> Resumen de Interfaces Tangibles de Usuario diseñadas para estudiantes.....	295
<b>Tabla 20:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Verbalizaciones Estudiante.....	333
<b>Tabla 21:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Verbalizaciones Maestra.....	333
<b>Tabla 22:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Verbalizaciones del sistema.....	334
<b>Tabla 23:</b> Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Verbalizaciones Estudiante.....	335
<b>Tabla 24:</b> Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Verbalizaciones del Sistema.....	335
<b>Tabla 25:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Expresiones Afectivas Maestra.....	336

<b>Tabla 26:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable	
Expresiones Afectivas Estudiante.....	337
<b>Tabla 27:</b> Resultados del factor Estilo de Instrucción	
y la variable Expresiones Afectivas Estudiante.....	337
<b>Tabla 28:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Porcentaje	
Iniciada por maestra.....	338
<b>Tabla 29:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Porcentaje	
iniciada Estudiante.....	339
<b>Tabla 30:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Porcentaje	
Iniciado en Conjunto.....	339
<b>Tabla 31:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Índice con	
Estimulo de Texto.....	340
<b>Tabla 32:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Índice Sin	
Estimulo de Texto.....	341
<b>Tabla 33:</b> Resultados del factor Estilo de Instrucción y la	
variable Con Estimulo de Texto.....	341
<b>Tabla 34:</b> Resultados del factor Estilo de Instrucción y la	
variable Sin Estimulo de Texto.....	342
<b>Tabla 35:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Objetos	
Diferentes Explorados.....	343
<b>Tabla 36:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Total de	
Exploraciones.....	343
<b>Tabla 37:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable	
Problemas Interfaz.....	344

<b>Tabla 38:</b> Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Objetos diferentes Explorados.....	345
<b>Tabla 39:</b> Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Total de Exploraciones.....	345
<b>Tabla 40:</b> Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Problemas Interfaz.....	346

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> (a) Artículos de tecnología para estudiantes con discapacidad intelectual. (b) Porcentaje de investigaciones en función del tipo de discapacidad intelectual.....	51
<b>Figura 2:</b> Nube de palabras con las categorías de los artículos seleccionados.....	78
<b>Figura 3:</b> Interfaces de Usuario Tangible publicadas entre 2004 y 2011.....	79
<b>Figura 4:</b> Interfaces de Usuario Tangible publicadas entre 2012 y 2015.....	83
<b>Figura 5:</b> Disciplinas que tienen relación con diseño de Interacción propuesto por Dan Saffer.....	95
<b>Figura 6:</b> Modelo arquitectónico de las interfaces de usuario. En (a) Interfaces Gráficas de Usuario y en (b) InterfacesTangibles de Usuario.....	103
<b>Figura 7:</b> Funcionamiento de un sistema de comunicación RFID.....	110
<b>Figura 8:</b> Metodología de evaluación centrada en la experiencia del usuario.....	112
<b>Figura 9:</b> Ejemplos de láminas del método analítico o global.....	150
<b>Figura 10:</b> Método PiFo; fichas y Cds con canciones y videos.....	153
<b>Figura 11:</b> Diseño metodológico de la investigación.....	161
<b>Figura 12:</b> Estadísticas de estudiantes participantes en el diseño cuasi experimental.....	165
<b>Figura 13:</b> Hoja de registro de las observaciones en los videos.....	168
<b>Figura 14:</b> Hoja de registro de un estudiante en el Estilo de Instrucción Autónomo.....	169

<b>Figura 15:</b> Hoja de consolidación para el Estilo de Instrucción Guiado.....	170
<b>Figura 16:</b> Evaluación experimental con el método Global. a) Estilo de Instrucción Guiado y b) Estilo de Instrucción Autónomo.....	171
<b>Figura 17:</b> Evaluación experimental con el método PiFo. a) Estilo de Instrucción Guiado y b) Estilo de Instrucción Autónomo.....	173
<b>Figura 18:</b> Hoja de reestructuración de datos para el factor Interfaz del grupo de España.....	176
<b>Figura 19:</b> Hoja de reestructuración de datos para el factor Estilo de Instrucción del grupo de Costa Rica.....	177
<b>Figura 20:</b> Procesamiento de datos con SPSS.....	177
<b>Figura 21:</b> Esquema de los prototipos: Tic@ula, Kiteracy y Kiteracy PiFo.....	178
<b>Figura 22:</b> Modelo Entidad-Relación del repositorio Tic@ula.....	181
<b>Figura 23:</b> Página de Tic@ula con recursos del método Global.....	183
<b>Figura 24:</b> Metodología Design Thinking para el desarrollo de prototipos.....	186
<b>Figura 25:</b> Diagrama de casos de uso de la Interfaz de Usuario Tangible.....	190
<b>Figura 26:</b> Ejemplo del requerimiento funcional de Inicio de sesión de Kiteracy.....	191
<b>Figura 27:</b> Mapa mental de las soluciones propuestas en la técnica “lluvia de ideas”.....	195
<b>Figura 28:</b> Interfaz gráfica con 24 conceptos de estudio para el método Global.....	196
<b>Figura 29:</b> Prueba de un prototipo con códigos QR para identificación de objetos tangibles.....	196

<b>Figura 30:</b> Tarjetas de cartulina, objetos tangibles y tarjetas virtuales del método Global.....	197
<b>Figura 31:</b> Aplicación del test Thinking Aloud con pares del grupo de investigación USING.....	198
<b>Figura 32:</b> Diseño de Kiteracy PiFo basado en el método de lectoescritura PiFo.....	200
<b>Figura 33:</b> Diseño de los objetos de impresión 3D en la herramienta Tinkercad.....	200
<b>Figura 34:</b> Interfaz gráfica para el prototipo Kiteracy PiFo.....	201
<b>Figura 35:</b> Prototipo Kiteracy PiFo.....	202
<b>Figura 36:</b> Resultados encuesta a Maestras de Educación Especial sobre actividades en lectura inicial.....	206
<b>Figura 37:</b> Resultados de la encuesta a Maestras de Educación Especial sobre uso de tecnología.....	207
<b>Figura 38:</b> Resultados pruebas de Tags RFID con el sensor Phidget.....	224
<b>Figura 39:</b> Resultados pruebas de Tags RFID con el sensor Tertium IceKey HF.....	225
<b>Figura 40:</b> El estudiante intenta que el sensor reconozca su mano.....	228
<b>Figura 41:</b> Expresiones afectivas positivas con la interfaz tangible.....	229
<b>Figura 42:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Verbalizaciones Estudiante.....	233
<b>Figura 43:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Verbalizaciones Maestra.....	234
<b>Figura 44:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Verbalizaciones del sistema.....	235

<b>Figura 45:</b> Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Verbalizaciones Estudiante.....	236
<b>Figura 46:</b> Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Verbalizaciones del Sistema.....	237
<b>Figura 47:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Expresiones Afectivas Maestra.....	238
<b>Figura 48:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Expresiones Afectivas Estudiante.....	239
<b>Figura 49:</b> Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Expresiones Afectivas Estudiante.....	240
<b>Figura 50:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Porcentaje Iniciada por maestra.....	241
<b>Figura 51:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Porcentaje Iniciada por Estudiante.....	243
<b>Figura 52:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Porcentaje Iniciado en Conjunto.....	244
<b>Figura 53:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Índice Con Estimulo de Texto.....	245
<b>Figura 54:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Índice Sin Estimulo de Texto.....	247
<b>Figura 55:</b> Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Con Estimulo de Texto.....	248
<b>Figura 56:</b> Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Sin Estimulo de Texto.....	249
<b>Figura 57:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Objetos Diferentes Explorados.....	250
<b>Figura 58:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Total de Exploraciones.....	252

<b>Figura 59:</b> Resultados del factor Interfaz y la variable Problemas Interfaz.....	253
<b>Figura 60:</b> Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Objetos diferentes Explorados.....	255
<b>Figura 61:</b> Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Total de Exploraciones.....	256
<b>Figura 62:</b> Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Problemas Interfaz.....	257
<b>Figura 63:</b> Ejemplo de una corrida en la base de datos ACM Digital Library.....	294



# CAPITULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

El advenimiento de la actual revolución científica-tecnológica está transformando la forma en que las personas interactúan con su entorno a través de tecnologías emergentes, como dispositivos móviles, pantallas táctiles, robots u otros objetos físicos, que cada vez son más comunes en la vida cotidiana. Estas tecnologías están compuestas de sistemas computacionales que proveen una interfaz de comunicación con las personas. La interfaz de usuario más tradicional es la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI, Graphic User Interface por sus siglas en inglés) que utiliza un monitor para mostrar información digital. Además, la interfaz integra otros dispositivos de entrada y salida de información, como teclado, ratón o altavoces. Por otro lado, junto con estas tecnologías emergentes aparecen nuevas interfaces, no tradicionales que usan gestos, comando de voz o características biométricas de una persona. Este fenómeno ha permitido que se fortalezca un campo multidisciplinario dentro de las Ciencias de la Computación denominado Interacción Humano-Computador (HCI, Human-Computer Interaction por sus siglas en inglés). Dentro de este campo a su vez se han derivado otras áreas de estudio, tales como, Interfaces de Usuario Tangibles (TUI, Tangible User Interface por sus siglas en inglés), Computación Ubicua (UbiCom, Ubiquitous Computing por sus siglas en inglés), Asistencia Autónoma en la Vida de la personas (AAL, Autonomous Assistance of the people Life por sus siglas en inglés) o el más reciente Internet de las cosas (IoT, Internet of Things por su siglas en inglés) (Kortum, 2008).

El desarrollo de tecnologías dentro de estas áreas trae nuevos desafíos, no solo en el ámbito académico y científico, sino también en la vida cotidiana de las personas, ya que muchas de ellas poco a poco se integran a diferentes ámbitos de la sociedad. Uno de ellos y de especial interés de la presente investigación es explorar la interacción de la tecnología en la Educación Especial.

Enseñar a estudiantes con capacidades diferentes no es una tarea sencilla, puesto que se requieren estrategias de enseñanza adaptadas a los problemas y necesidades de cada caso. Los problemas pueden ser muy diversos debido a los diferentes tipos de discapacidad que se presentan, tales como, física, intelectual, visual, auditiva y de lenguaje. Incluso dentro de un mismo tipo de discapacidad puede haber diversidad, como por ejemplo la discapacidad motriz y la cognitiva tienen una subclasificación de acuerdo a los niveles de comprometimiento, estas son leves, moderadas y severas (UNICEF, 2013). Constituye un verdadero reto para el profesorado, el lograr desarrollar habilidades en el estudiantado con estas características, sobretodo en la discapacidad intelectual (Sternberg & Sternberg, 1999), en la cual intervienen muchas actividades repetitivas, y que generalmente se tornan tediosas y poco motivadoras para el estudiante (Ferreyra, Méndez, & Rodrigo, 2009). En este último contexto, el profesorado requiere desarrollar una pedagogía diferente y apoyarse en recursos educativos que faciliten al proceso de enseñanza-aprendizaje.

El avance de la tecnología en los últimos años ha permitido incorporar nuevas herramientas de apoyo en el proceso educativo

de estudiantes con necesidades educativas especiales. Estas herramientas conocidas como Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) están transformando la educación notablemente, porque se han convertido en un instrumento de mediación en el proceso de aprendizaje (Rodríguez, 2002). Si bien es cierto que la tecnología ha abierto muchas puertas de acceso a la información, comunicación y al desarrollo de habilidades de estudiantes con Necesidades Educativas Especiales (NES), poco se conoce del impacto en aspectos de interacción, motivación, estándares de diseño, o metodologías de evaluación (Saffer, 2007). Esto se debe a la complejidad y diversidad de actividades que intervienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje de esta población. A esto se suma, que a parte de los computadores tradicionales se introducen nuevos dispositivos como, pizarras interactivas, tabletas, teléfonos inteligentes, robots e incluso sistemas basados en Computación Ubicua (Ferreya et al., 2009). Estos dispositivos proveen nuevas interfaces de usuario como, pantallas táctiles, dispositivos de control remoto, reconocimiento de voz, detección de señas o control a través de objetos físicos del entorno.

El diseño y evaluación de soluciones informáticas con estas tecnologías emergentes aún es un campo poco explorado debido a su reciente apareamiento (Garzotto & Gonella, 2011). Tampoco es un proceso trivial, ya que no intervienen únicamente elementos y fundamentos tecnológicos, sino también interviene el conocimiento de expertos de otras disciplinas, como la Educación, Pedagogía, Psicología, Diseño y Ergonomía. El trabajo en equipo en este escenario interdisciplinario es de vital importancia para

lograr crear herramientas que aporten a la Educación Especial (Cordero Felisa & García Fallas, 2013). Guías de diseño de las herramientas e instrumentos de evaluación contribuirían enormemente a la comunidad científica para construir nuevos conocimientos y crear productos que lleguen a la sociedad.

Sin duda alguna, el campo de acción es muy amplio y cualquier iniciativa que se haga, favorecerá al desarrollo de habilidades de estudiantes con alguna condición de discapacidad, sobre todo en aquellas que presentan grandes desafíos, como la discapacidad intelectual. Según Sternberg, algunas condiciones que pueden generar discapacidad intelectual son: síndrome de Down, Lesión Cerebral Traumática (TBI, Traumatic brain injury por sus siglas en inglés). También se pueden incluir condiciones cognitivas menos graves tales como la dislexia (incapacidad para leer correctamente), digrafía (dificultad con la sintaxis), discalculia (incapacidad de razonamiento matemático), y el trastorno de déficit de atención (TDA), que es una dificultad con mantener la atención (Sternberg & Sternberg, 1999). La presente investigación se centra en el estudio empírico en aspectos de interacción y motivación a través de una herramienta computacional basada en Interfaces de Usuario Tangible (TUI), como estímulo para un ambiente lúdico en el proceso de lectura inicial de estudiantes con síndrome de Down.

El resto del documento describe la investigación que se llevó a cabo durante tres años en el Programa de Doctorado en Computación e Informática de la Universidad de Costa Rica. En la sección 1.1 se introducen los antecedentes, motivación del autor y contextualización de la investigación. En la que se introducen

aspectos generales de los estudiantes con síndrome de Down y de las Interfaces de Usuario Tangibles. También se presenta el problema de investigación, comenzando por los problemas abiertos en la educación de estudiantes con síndrome de Down y se plantea una pregunta de investigación. En la sección 1.2 se presenta la justificación para investigar con Interfaces de Usuario Tangibles y se plantean los objetivos de la investigación. En la sección 1.3 se describe el estado del arte de la investigación. Para ello, primero se presenta una revisión bibliográfica exploratoria en los que se citan algunos datos históricos del uso de la tecnología en la Educación Especial. Posteriormente, se presenta un mapeo sistemático de literatura relacionado a las Interfaces de Usuario Tangibles, en el cual se detallan investigaciones en este campo. Finalmente, en la sección 1.4 se describe la estructura de todo el documento.

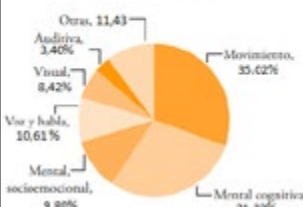
### **1.1. Antecedentes**

A nivel mundial no existen estadísticas oficiales sobre el número de personas con algún tipo de discapacidad, sin embargo el Fondo de Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF, United Nations International Children's Emergency Fund por sus siglas en inglés), establece que al menos el 10% de la población mundial tiene una condición de discapacidad, esto es 700 millones de personas, de los cuales entre 150 y 250 millones son niños y niñas (UNICEF, 2014). Según cifras de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y el UNICEF, alrededor del 12 % de la población de América Latina y el Caribe tiene al menos una condición al discapacidad, hasta el año 2012 (UNICEF, 2013).

Dos países de América Latina de particular interés en esta investigación son Ecuador y Costa Rica. La población en Ecuador es de 14'483,499 de acuerdo al último censo en el año 2010. De esta población 416,177 personas tienen alguna discapacidad que representa el 2,87% de la población total (CONADIS, 2014). Por otro lado, Costa Rica, un país de 4'301,712 millones de habitantes, tiene el 10.5% de su población (451,680 personas) con alguna discapacidad. El 4.4% de ellos (19,874) tienen edades comprendidas entre 5 y 17 años, de acuerdo al censo de población del año 2011 (INEC Costa Rica, 2011).

De acuerdo al Registro Nacional de Estadística sobre Discapacidad (RED) de Costa Rica y basado en la Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF) en la Tabla 1 se presenta la distribución porcentual de tipos de discapacidad que se identificaron en el primer trimestre del año 2011 en Costa Rica (INEC Costa Rica, 2011; Mendieta, Holst, Montiel, & Campos, 2004). Basada en la misma clasificación y datos del Consejo Nacional de Discapacidades del Ecuador, en la Tabla 2 se presenta la distribución porcentual de tipos de discapacidad hasta el año 2012 en el Ecuador (CONADIS, 2014).

**Tabla 1: Distribución porcentual del tipo de discapacidad en Costa Rica**


Tipo de discapacidad	%	% específico	
Movimiento	35.02	35.02	
Funciones mentales Mental cognitiva Mental socioemocional	31.12	21.32 9,80	
Funciones sensoriales Visual Auditiva	11.82	8.42 3.40	
Voz y el habla	10.61	10.61	
Otras	11.43	11.43	
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	

Fuente: Consejo Nacional de Rehabilitación y Educación Especial

Como se puede observar en las tablas, tanto en Costa Rica como en Ecuador la discapacidad con mayor porcentaje es la física con un 35.00% y 49.00% respectivamente, seguida de la intelectual con un porcentaje similar en los dos países de 31.12% y 27.00% respectivamente. No así la visual y auditiva, que en Ecuador se supera casi en el doble con el 23.00% en relación con el 11.82%

de Costa Rica. Una diferencia en porcentajes importante se da en la discapacidad de la voz y el habla. En Costa Rica existe un 10.00% mientras que en Ecuador el 1.00%. Finalmente, se registran en Costa Rica otro tipo de discapacidades con un 11.43% que en Ecuador no han considerado en los estudios estadísticos.

**Tabla 2: Distribución porcentual del tipo de discapacidad en Ecuador**

Tipo de discapacidad	%	% específico	
Movimiento	49.00	49.00	
Funciones mentales Mental cognitiva Mental socioemocional	27.00	23.00 4.00	
Funciones sensoriales Visual Auditiva	23.00	11.00 12.00	
Voz y el habla	1.00	1.00	
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	

Fuente: Consejo Nacional de Discapacidades

Independientemente del tipo de discapacidad, esta realidad latente en estos dos países ha permitido que sus gobiernos, instituciones no gubernamentales, universidades o gente comprometida con el cambio presten especial atención a las barreras sociales y culturales, a los prejuicios y la discriminación, a las barreras legales o normativas y a las barreras en salud y educación. Entre las iniciativas en el ámbito legal se puede mencionar en Costa Rica la Ley 7600: “Igualdad de Oportunidades para las Personas con Discapacidad”, que fue publicada en el Diario Oficial La Gaceta, el 29 de mayo de 1996 (Asamblea Legislativa, 2004). En la que se establecen normativas y disposiciones generales que la sociedad debe cumplir frente a las personas con discapacidad, y se aborda ampliamente sobre los derechos de estas personas, tales como, acceso a la educación, acceso al trabajo, acceso a los servicios de salud, acceso al espacio físico, acceso a los medios de transporte, acceso a la información y la comunicación, acceso a la cultura, deporte y actividades recreativas. En Ecuador en el año 2012 también se crea la Ley Orgánica de Discapacidades, y se ha convertido en un referente a nivel de Latinoamérica en políticas de inclusión social, gracias a que el gobierno ha impulsado a través del Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017 nuevas reformas y programas en el área de la salud, vivienda, trabajo digno, acceso a servicios básicos y educación (Asamblea Nacional del Ecuador, 2012).

Si bien es cierto que los indicadores del mejoramiento de la calidad de vida de las personas con discapacidad han aumentado notablemente en estos dos países, aún queda mucho por hacer en temas relacionados a salud, educación, leyes y trabajo.

Un área de especial interés en la presente investigación es la de educación, porque constituye un elemento fundamental para el desarrollo de las personas, y de forma particular para niños y niñas con discapacidad intelectual, que experimentan barreras sociales, culturales y tecnológicas. Los problemas y experiencias vividas por el propio autor de esta investigación, con su hija, le motivaron a desarrollar tecnologías emergentes en el campo de la Educación Especial. Una de las primeras iniciativas nace en la Universidad Tecnológica Indoamérica en Ecuador en el año 2009, cuando en calidad de investigador desarrolló el software AINIDIU (Agente Inteligente para Niños con Discapacidad visual), que tiene la capacidad para interactuar con un niño o niña con discapacidad visual a través de un sintetizador de voz y un lector de pantallas. Posteriormente en el año 2010 desarrolló el software HELPMI (Herramienta que Emula un Lenguaje de Palabras Mediante Imágenes), un tablero de comunicación alternativa para dispositivos móviles y teléfonos inteligentes, con el fin de brindar apoyo de comunicación a terapeutas de lenguaje y estudiantes con discapacidad auditiva y de lenguaje. En el año 2011 desarrolló CANDI (Centro de Apoyo a los Niños Diferentes), una plataforma web de apoyo a padres de niños y niñas con necesidades educativas especiales (Guerrero, 2012).

La publicación y socialización de estas tecnologías permitieron que la Vicepresidencia de la República del Ecuador se interesara en el software AINIDIU. Para ello se firmó un convenio tripartito entre la Universidad Tecnológica Indoamérica, la Federación Nacional de Ciegos del Ecuador y la Misión “Manuela Espejo” de la Vicepresidencia de la República del Ecuador. Como parte del

convenio se instaló el software en cerca de 1200 computadores portátiles, en el proceso participaron 40 estudiantes de Ingeniería. Los estudiantes de Parvularia se encargaron de capacitar a docentes y estudiantes en el uso del software y herramientas tiflotecnológicas (Jadán-Guerrero, 2013a).

Con el propósito de ampliar el desarrollo a otros tipos de discapacidades y profundizar en aspectos de investigación empírica, en marzo de 2013 el autor emprende el Doctorado en Computación e Informática en la Universidad de Costa Rica. Su propuesta inicial de investigación la realizó en el campo de la discapacidad intelectual y planteó el desarrollo de LUCKI (Lúdica en Universos Controlados por Kinect en la Inclusión), que consistía en usar el dispositivo Microsoft Kinect para propender que estudiantes con discapacidad intelectual puedan aprender de forma natural en escenarios lúdicos (Jadán-Guerrero, 2013b). Esta propuesta fue presentada a expertos del área de Interacción Humano-Computador en el Consejo Doctoral de la Séptima Conferencia Internacional de Computación Ubicua e Inteligencia Ambiental (UCAmI 2013) en Guanacaste, Costa Rica. La retroalimentación recibida por los expertos y la revisión bibliográfica realizada hasta ese momento, le permitieron delimitar la investigación en el ámbito de la Educación Especial, enfocándose en la alfabetización de estudiantes con síndrome de Down. A continuación, se introducen aspectos generales de la alfabetización en estudiantes con síndrome de Down.

La alfabetización es un proceso social que ha sido transmitido al ser humano de generación en generación. Surgió de la necesidad

de recordar información que era compartida únicamente por medio del habla (Bentolilla & Germain, 2006). Según la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura), la alfabetización es la habilidad para identificar, comprender, interpretar, crear, comunicar y calcular, mediante el uso de materiales escritos e impresos relacionados con distintos contextos. Estas habilidades facilitan el desenvolvimiento de cualquier persona en la sociedad; desde las actividades más cotidianas, como comprar, tomar un medicamento o movilizarse; hasta actividades más complejas, como estudiar, trabajar o generar nuevo conocimiento (UNESCO, 2008).

Los estudiantes con síndrome de Down (SD) al igual que otros estudiantes requieren educación que les pueda ayudar a ser independientes cuando crezcan. La alfabetización es una de las habilidades cruciales que los estudiantes deben desarrollar para resolver problemas en la vida cotidiana por sí mismos (Buckley, 2000). Pero esta tarea no es fácil, constituye un verdadero reto para el profesorado de Educación Especial, puesto que se requieren procesos repetitivos o adaptación de técnicas pedagógicas para desarrollar habilidades en el proceso de alfabetización (Carpio, 2012; M. Neumann, Hyde, Neumann, Hood, & Ford, 2012; Troncoso & Mercedes, 2009). Generalmente, los estudiantes con síndrome de Down tienen dificultades para desarrollar habilidades relacionadas con procesos cognitivos básicos, como el lenguaje, atención, percepción, memoria, pensamiento abstracto y motivación (Pennington, Moon, Edgin, Stedron, & Nadel, 2003).

El lenguaje es un proceso cognitivo que permite la comunicación con el otro a través de la palabra como medio, y de los gestos, comportamiento, cuerpo y situación, para conectar al emisor con el receptor. El desarrollo del lenguaje implica la construcción progresiva de las habilidades del habla y de la comunicación. Estas habilidades son importantes no sólo por dificultades en la simbolización y representación, condicionadas por su capacidad intelectual, sino también los aspectos relacionados con la capacidad de verbalizar y articular palabras (Kumin, 2014; Martínez, 1997). El desarrollo de habilidades de percepción implica la recepción visual y auditiva de la información. Estudiantes con síndrome de Down procesan la información y dan la respuesta lenta, por lo que es necesario fortalecer el canal visual y auditivo (Ramos, 2004). La memoria a corto plazo equipa a un estudiante retener la información y, por tanto, construir una base de conocimientos para utilizar en el futuro. La atención es una habilidad cognitiva importante que permite a un estudiante a concentrarse en una tarea o actividad durante un período prolongado de tiempo. El pensamiento abstracto incluye ser capaz de razonar tareas y encontrar soluciones (Bravo-Valdiviezo, 2000) . La motivación es otra dificultad que presenta el estudiantado con síndrome de Down, ya que se ve limitada cuando se tiene que enfrentar a tareas más difíciles y menos agradables (Rodríguez, 2004) . A veces muestran episodios de resistencia creciente al esfuerzo en la realización de una tarea debido a la poca motivación y falta de interés, y no tanto por lo que conocen. El ambiente emocional en el que estudiante se desarrolle es determinante para cambiar su actitud y forma de manifestar sus sentimientos. Un ambiente calmado, tranquilo, comunicativo y cordial creará

unas condiciones para un adecuado desarrollo emocional y de aprendizaje (W. D. Wall, 1980).

Lograr avances significativos en el aprendizaje de la lectura y escritura constituye todo un desafío para el profesorado de Educación Especial, ya que deben proporcionar a sus estudiantes mediaciones (signos, símbolos, instrumentos) capaces de favorecer el desarrollo de las habilidades cognitivas antes mencionadas (Mitjans Martínez, 2009) (Melero, 2011). Entre los instrumentos de mediación que el profesorado utiliza en la enseñanza de la lectoescritura están las tarjetas, láminas, cuentos o ludotecas (Epstein, Hobmann, & Hobmann, 2002; Norgaard, Burleson, & Sadauskas, 2012). En la actualidad las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) se están convirtiendo en nuevos instrumentos de mediación (García, 2002), ya que crean contextos de actividad y formas de interacción social (Mitjans Martínez, 2009). Ricardo Rosas pone de manifiesto que las TIC son un medio novedoso de representación y comunicación, cuyo uso podría introducir cambios significativos en ciertos aspectos del funcionamiento psicológico de los estudiantes con discapacidad intelectual, ya que pueden actuar como un elemento impulsor en su desarrollo (Rosas, 2010). Indica, además, que el principal aporte de las TIC en educación es la mediación simbólica, es decir, son herramientas que median la constructiva actividad mental de los procesos psicológicos de los estudiantes y profesorado. Adicionalmente Ureno, cita estudios en los que hacen referencia a la mediación multisensorial, reflexiona que el profesorado utiliza ciertas estrategias en el proceso de lectura inicial para despertar los sentidos, como la vista, oído, tacto, gusto e incluso olfato.

Las TIC en este escenario pueden favorecer el aprendizaje multisensorial a través de los elementos multimedia que proveen (Ureno, 2012).

En la actualidad, las TIC no solo constituyen computadores de escritorio, laptops e Internet, sino también incluyen tecnologías emergentes, tales como, dispositivos móviles, pantallas táctiles, robots u otros objetos físicos, que cada vez son más comunes en la vida cotidiana de las personas y las aulas de clase (Cordero Felisa & García Fallas, 2013; L. Muñoz et al., 2013; Necuzzi, 2013). Las interacciones con estas tecnologías emergentes proveen nuevas interfaces de usuario, diferentes a las tradicionales. Una interfaz de usuario no tradicional es toda aquella que permite el acceso a la información digital no solamente a través de un teclado, ratón o pantalla de un computador, sino a través de objetos, gestos, comando de voz o característica biométricas de una persona (Kortum, 2008).

Un tipo de interfaz no tradicional es la Interfaz de Usuario Tangible (TUI, Tangible User Interface por sus siglas en inglés), que puede considerarse como una parte de un programa de cómputo u otra tecnología que permite la interacción con un usuario a través de objetos tangibles (Sharlin, Watson, Kitamura, Kishino, & Itoh, 2004). Este término fue propuesto por primera vez por Hiroshi Ishii, un investigador del Laboratorio de Medios del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT Media Laboratory por sus siglas en inglés) y lo describe como un escenario en donde se puede manejar información digital por medio de objetos del mundo real (Hiroshi Ishii & Ullmer, 1997).

Las TUI son la representación física de los datos que generalmente son mostrados en una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI, Graphic User Interface por sus siglas en inglés). Estas interfaces tangibles hacen uso de la experiencia de usabilidad y habilidades de interacción háptica que los usuarios tienen con objetos del mundo real. Es decir, que la información digital puede ser manipulada por las manos a través de objetos físicos. Estos objetos pueden o no tener ciertas capacidades adicionales de hardware o software que le permiten al sistema reconocerlos como elementos de entrada o incluso de salida (Kortum, 2008). Este tipo de tecnologías han generado nuevos conceptos, como Objetos Aumentados (AO, Augmented Objects por sus siglas en inglés) (López, López, & Guerrero, 2013) o Internet de las Cosas (IoT, Internet of Things por sus siglas en inglés) (Aggarwal & Lal Das, 2012; Kriara et al., 2013).

El estudio de las TUI es parte del paradigma computacional de Interacción Humano-computador (HCI), que se ocupa de todo lo que ocurre entre una persona y una tecnología. En este escenario se toma en cuenta la variedad de usuarios, la multiplicidad de dispositivos tecnológicos y la diversidad de contextos de utilización (Díaz, Harari, & Amadeo, 2013; Kortum, 2008). En HCI intervienen también otras disciplinas, como la Psicología, Sociología, Ergonomía, y Ciencias Cognoscitivas. Asimismo, dependiendo del objetivo de aplicación, intervienen otras áreas, como, por ejemplo, Educación, Salud o Comercio. Esta interdisciplinariedad hace que la investigación, diseño, implementación y evaluación de tecnologías basadas en interfaces de usuario no tradicionales, no sea una tarea trivial, sino una tarea compleja porque intervienen

diferentes expertos, que estudian factores humanos y analizan comportamiento de los usuarios frente a una actividad concreta a la que se destine el sistema de interacción (Saffer, 2007). En esta área de la interacción entre tecnologías emergentes y estudiantes con síndrome de Down en el contexto educativo, aún es poco explorado (Börjesson, Barendregt, Eriksson, & Torgersson, 2015) y es la razón de ser de la presente investigación.

El área de investigación en educación con mediación tecnológica en aulas tradicionales es bastante amplia, sin embargo en la Educación Especial y específicamente en el proceso de alfabetización de estudiantes con síndrome de Down existe poca evidencia (Börjesson et al., 2015; O'Malley & Stanton Fraser, 2004). Este campo constituye una problemática que cada día va despertando un interés por la comunidad científica y organizaciones no gubernamentales. De acuerdo al Programa TIC y Educación Básica de la UNICEF, en América Latina cada vez más es creciente la gestión de políticas de las TIC en la educación. Es decir, la adaptación de programas curriculares para la integración de TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje (L. Muñoz et al., 2013). En la práctica, algunos estudios realizados en niveles de educación primaria básica, han demostrado que la tecnología en el aula es altamente motivadora. También que la tecnología agiliza más la enseñanza y aprendizaje, ya que el estudiante tiene interés por investigar, explorar, conocer y descubrir cosas nuevas (D. W. Wall, 1980). Esta interacción temprana con la tecnología está transformando la forma de aprender y construir el conocimiento de los estudiantes (L. Muñoz et al., 2013; Necuzzi, 2013; Vaillant & UNICEF, 2013).

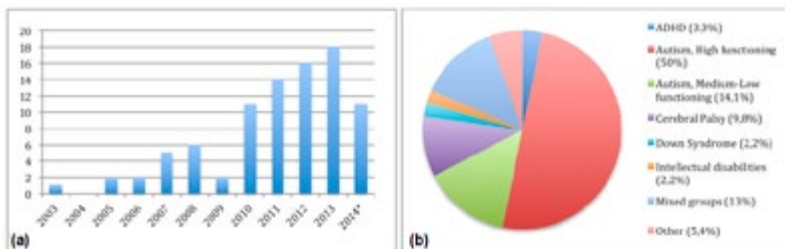
Por otro lado, Prensky en su libro *Nativos digitales e Inmigrantes digitales* indica que aún existe una brecha del uso de la tecnología en el aula. Por un lado, los estudiantes tienen facilidad para aprender a usar los nuevos dispositivos tecnológicos porque desde que nacen están rodeados de ellos. Dichos estudiantes utilizan estos dispositivos con destreza y sin esfuerzo debido a este contacto temprano y sumado el ejemplo de las personas que están alrededor de su entorno que les permite familiarizarse (Mitjans Martínez, 2009). Al contrario, el profesorado tuvo una infancia sin pantallas, ni teclados, ni teléfonos celulares. Sus artefactos culturales fueron los libros, los papeles, las bibliotecas, los discos y las películas de vídeo (Prensky, 2001). Esta diferencia hace que sea compleja la introducción de la tecnología en el aula, de ahí la razón por la que en la actualidad existe un interesante campo de investigación y más aún con la presencia de nuevas tecnologías y en contextos complejos como la enseñanza de estudiantes con necesidades intelectuales diferentes (Bravo, Hervás, & Chavira, 2005).

### **1.1.1. Problema**

A partir de la motivación, antecedentes y contextualización en las disciplinas de Ciencias de la Computación y Educación Especial, es preciso ahora enunciar un primer planteamiento del problema, para ello se comenzó revisando el conocimiento científico que existe sobre la alfabetización de estudiantes con síndrome de Down apoyado con la tecnología. En el Anexo A se detalla el proceso que se siguió para determinar el estado del arte y en esta sección hasta la 1.3 se presentan los resultados y algunos de los

problemas abiertos encontrados, que permitieron la formulación de preguntas de investigación.

Una revisión sistemática de literatura titulada “Designing Technology for and with Developmentally Diverse Children” presentada por Börjesson en una conferencia relevante de Diseño de Interacción para niños (IDC, Interaction Design and Children por sus siglas en inglés) en el año 2015, destaca interesantes datos estadísticos sobre investigaciones del diseño de tecnologías para estudiantes con discapacidad intelectual. En la Figura 1 se muestran dos gráficos estadísticos, que resumen: (a) Número de artículos por año sobre tecnologías para estudiantes con discapacidad intelectual y (b) Porcentaje de investigaciones en función del tipo de la discapacidad intelectual (Börjesson et al., 2015).



*Figura 1: (a) Artículos de tecnología para estudiantes con discapacidad intelectual. (b) Porcentaje de investigaciones en función del tipo de discapacidad intelectual.*

Esta revisión de literatura partió de 663 artículos, de los cuales el autor identificó 325 como posibles candidatos, para al final seleccionar 88. En el gráfico (a) se puede observar que a partir

del año 2010 se presentaron entre 10 a 18 artículos por año sobre diseño de tecnologías para estudiantes con discapacidad intelectual. Estas cifras indican que existe poca producción científica a nivel mundial relacionado al diseño de tecnologías para estudiantes con discapacidad intelectual.

Por otro lado, en el gráfico (b) se puede observar que apenas el 2% de los estudios publicados entre el año 2003 y 2014 corresponden a estudiantes con síndrome de Down, se destacan los dos estudios encontrados, el primero presentado por dos investigadores de Reino Unido, Falcão y Price titulado “Tangibles for students with intellectual disabilities” presentados en la conferencia IDC 2012 (Falcão & Price, 2012). En este estudio se observó por primera vez en el aula a estudiantes con síndrome de Down y se exploró el uso de sistemas tangibles de forma abierta, es decir, no se siguió un procedimiento formal y controlado, pero se estudiaron aspectos de interacción y comprensión en procesos de aprendizaje. Los autores concluyen en su estudio, que las tecnologías tangibles pueden combinarse con el mundo físico para hacer un aprendizaje más natural y que la interactividad que presentan es potencialmente beneficiosa para estudiantes con necesidades educativas intelectuales. Sin embargo, dejan abiertas algunas preguntas de investigación. Entre ellas, el diseño de actividades específicas y el tiempo de observación en los conceptos de estudio. Otro reto que se plantearon fue ¿Cómo diseñar estrategias de aprendizaje suficientemente claras y mediante el uso de metáforas apropiadas? Esto último con el objetivo de dejar espacio para la exploración y curiosidad de las actividades sin que caigan en el aburrimiento. También

indican que existe complejidad en transmitir conceptos a través del sonido y establecimiento de relaciones conceptuales entre audio y representaciones visuales. En este sentido dejan abierta la pregunta ¿Cómo pueden ser diseñadas mejores representaciones de audio para enriquecer la interacción de una manera significativa? Por último, indican que las acciones físicas podrían ayudar a los estudiantes en su comprensión de los conceptos ilustrados por los sistemas (conceptos abstractos) y se plantean la pregunta ¿Cómo se pueden diseñar acciones que propicien la exploración y la reflexión a través de las experiencias tangibles?

El segundo artículo titulado “Developing reading skills in children with Down syndrome through tangible interfaces”, presentado por Haro, Santana, y Magaña en la conferencia Mexicana Human-Computer Interaction en el mismo año 2012, los autores abordan el desarrollo de habilidades de lectura de estudiantes con síndrome de Down (Haro, Santana, & Magaña, 2012). En este estudio se tomó como contexto el método de lectoescritura Global propuesto por la autora española María Victoria Troncoso (Troncoso & Mercedes, 2009). El sistema que utilizaron los autores para evaluar la interacción en la enseñanza de la lectura en idioma español estaba basado en interfaces tangibles. Los resultados encontrados fueron y evidenciaron aspectos de motivación e involucramiento de los estudiantes, a tal punto que los estudiantes no querían dejar de usar los objetos tangibles. La opinión del profesorado también mostró que los objetos tangibles resultaron ser instrumentos de mediación del aprendizaje. Los autores dejan como preguntas abiertas la posibilidad de realizar un nuevo prototipo que recoja más actividades del método de lectoescritura y proponen a largo plazo evaluar si con el sistema computacional los estudiantes pueden aprender a leer en menor

tiempo, que el tiempo promedio que le toma a leer a estudiantes con síndrome de Down.

Otra revisión sistemática de literatura titulada “Literature Review in Learning with Tangible Technologies” presentada por los autores O’Malley y Stanton Fraser en el año 2004, se muestran las primeras iniciativas basadas en interfaces tangibles, que eran muy novedosas para la época (O’Malley & Stanton Fraser, 2004). En este estudio los sistemas que se presentan estaban enfocados a la interacción con estudiantes en ambientes naturales, pero para esa fecha no se mencionaba nada sobre la interacción con estudiantes con discapacidad intelectual. Aún en la actualidad, este campo presenta muchos desafíos en el ámbito educativo por la diversidad de características que poseen los estudiantes con algún problema cognitivo. Según Cerezo en un estudio realizado en el año 2015 indica que es un campo poco explorado y que la evaluación de aplicaciones con niños muy pequeños aún es una pregunta abierta. En el caso de estudiantes con problemas cognitivos la dificultad y retos se incrementa y requiere mayores esfuerzos y estudios específicos (Cerezo, Marco, & Baldassarri, 2015).

### **1.1.2. Preguntas de investigación**

Los antecedentes y alguno de los problemas abiertos descritos anteriormente, dan un indicio que el campo de la alfabetización de estudiantes con síndrome de Down ha sido poco explorado. Si bien es cierto existen estudios sobre la interacción de Interfaces Tangibles de Usuario con estudiantes en el aula, apenas dos estudios abordan la interacción de estas interfaces con estudiantes que tienen necesidades educativas intelectuales.

Este hecho realza la importancia de la presente investigación, el cual abre un camino de desafíos e interrogantes, que se los enuncia a continuación:

¿Qué métodos y recursos educativos pueden apoyarse con la tecnología para fomentar la interacción en el proceso de lectura inicial aplicado a estudiantes con síndrome de Down?

¿Qué directrices se deben considerar para diseñar una interfaz de usuario que genere interacciones diferentes entre el profesorado y estudiantes en el proceso de lectura inicial?

¿Se puede implementar un kit de objetos tangibles que integre actividades de un método de lectoescritura orientado a estudiantes con síndrome de Down?

¿Es posible que una Interface de Usuario Tangible pueda incentivar la interacción en proceso de lectura inicial aplicado a estudiantes con síndrome de Down?

Todos estos interrogantes convergen en una pregunta general de investigación que resume la problemática principal desde el enfoque educativo y el computacional:

¿Se fortalece el proceso de lectura inicial en estudiante con Síndrome de Down al utilizar una interacción con Interfaces de Usuario Tangibles con respecto a interfaces tradicionales?

Dado que el contexto educativo es muy amplio, la pregunta de investigación se limita a procesos de alfabetización y de forma particular a la lectura inicial, que se refiere al aprendizaje que un estudiante realiza al comenzar su escolaridad (Bravo-Valdiviezo, 2000; Cuetos Vega, 2008). La población también se limita

a estudiantes con síndrome de Down y no a toda la gama de necesidades intelectuales diferentes que existen. En el contexto de las Ciencias de la Computación también se limita al estudio de aspectos de interacción con Interfaces Tangibles de Usuario y no toda la variedad de interfaces no tradicionales. La interacción se refiere a las diferentes maneras en que las personas interactúan con un dispositivo tecnológico (Saffer, 2007). Las interfaces tangibles, por otro lado se abordan como parte de un programa de cómputo u otra tecnología que permite la interacción con un usuario a través de objetos tangibles (Hiroshi Ishii & Ullmer, 1997).

## **1.2. Justificación**

La UNICEF en el informe “El Estado Mundial de la Infancia de 2013: Niñas y niños con discapacidad” (UNICEF, 2013) y “El Estado mundial de la infancia 2015: Reimaginar el futuro. Innovación para todos los niños y niñas” (UNICEF, 2014), describe la falta de investigación en países en desarrollo acerca de problemas tales como la falta de educación en comunidades indígenas y niños con discapacidad, violencia contra niños y asistencia para víctimas de minas antipersonales. Esta información evidencia la necesidad de investigar y aportar con soluciones que mitiguen en parte este problema, favorezcan la inclusión educativa y ayuden a mejorar la calidad de vida de estos niños.

Partiendo de las primeras teorías en el ámbito educativo y pedagógico se dice que el aprendizaje gira en torno a los conocimientos que el estudiante adquiere de su entorno, es decir personas y objetos del mundo que lo rodea (Vygotski, Leóntiev, & Luria, 2004). Piaget por su lado indica que es importante lograr

que los estudiantes no se aburran y que las experiencias que tiene el estudiante van a promover su desarrollo cognitivo, por lo tanto es muy importante proporcionarle un ambiente rico en experiencias (López Chamorro, 1989). Por otro lado, Prensky, un investigador más reciente manifiesta que el contacto temprano con la tecnología está transformando la manera de pensar y hacer las cosas de los estudiantes. Ellos aprenden por imitación de las personas que usan dispositivos electrónicos en la vida cotidiana (Prensky, 2001). Tomando en consideración estas teorías pedagógicas, se puede pensar que la tecnología puede proveer escenarios con estas características en donde ésta es un instrumento de mediación en el aprendizaje de la lectura inicial.

Según Seymour Papert, colaborador de Piaget y padre de la teoría del constructivismo e inteligencia artificial, indica que el proceso de aprendizaje encuentra sus mejores condiciones cuando tienen lugar en un medio activo, en el que los estudiantes participen en el propio proceso de la construcción de objetos (Papert, 1993). Los diferentes objetos estimulan la interacción con el mundo que le rodea generando variaciones en el comportamiento (Garzotto & Gonella, 2011), (Norgaard et al., 2012). Estas revelaciones también aportan a la idea de crear objetos equipados con mecanismos para manejar información digital de una forma más cercana al mundo real. Los educadores, influidos por la teoría de Piaget, llegan a la conclusión de que la clase tiene que ser un lugar activo, en el que la curiosidad de los estudiantes sea satisfecha con materiales adecuados para explorar, discutir y debatir (Berger y Thompson, 1997). En estas condiciones el conocimiento se construye mediante las interacciones sociales y los estudiantes

van madurando de acuerdo a lo que van aprendiendo, con instrumentos de mediación del aprendizaje y con el apoyo de alguien con mayor conocimiento (Vygotski et al., 2004)

El uso de las TIC constituye un medio eficaz para mitigar problemas en el área educativa, ya que permiten auxiliar al profesorado de Educación Especial en la estimulación de los sentidos de estudiantes con necesidades educativas especiales (Gómez, 2008), (L. Muñoz et al., 2013), (M. Neumann et al., 2012). El uso de la tecnología ayuda al desarrollo cognitivo de los estudiantes mediante la utilización de estímulos que favorezcan la maduración de los sentidos de la audición, la vista, del tacto y de la cinestesia. Estos sentidos, especialmente la vista y el oído, le permiten al estudiante tener percepciones y más adelante conceptos acerca de los objetos y de las relaciones de personas y lugares; de esta forma construye su inteligencia y su conocimiento del entorno (Ferreira et al., 2009).

El desarrollo de un sistema computacional y su evaluación en un escenario real ayudaría a explorar y entender el uso de la tecnología en contextos complejos y poco explorados. También es relevante en el uso de las Interfaces de Usuario Tangibles como herramienta de andamiaje tecnológico, ya que se podría investigar si estas herramientas pueden desencadenar estímulos, reacciones y emociones que propicien el aprendizaje de la lectura. Se experimenta si los objetos tangibles pueden ayudar a entender conceptos abstractos. Así como identificar la reacción del profesorado frente a tecnologías emergentes. En este escenario, Garzotto indica que las herramientas tecnológicas deben ser altamente flexibles, capaces de evolucionar, y fácilmente modificables para hacer frente al nivel de desarrollo, emocional y cognitivo de cada uno de los estudiantes (Garzotto

& Gonella, 2011). Stephane Natkin, orador principal invitado en la Conferencia Internacional de Computadora que Ayudan a Gente con Discapacidad (ICCHP 2014), propuso como hipótesis que invisibilizar la tecnología podría ayudar a que estudiantes con discapacidad intelectual puedan interactuar en entornos más naturales enfocados en el aprendizaje de la tarea sin la distracción de los dispositivos tecnológicos (Jadán-Guerrero & Guerrero, 2014).

En el campo de la investigación en Ciencias de la Computación es muy valioso realizar replicaciones de estudios desarrollados en otros países o bien en contextos similares (Wieringa, 2010). Muchas veces existen limitaciones de los sistemas computacionales, en lo que se refiere a lenguaje y accesibilidad. En este sentido, se justifica la presente investigación tomar de referencia estudios que se han realizado en otros países como Estados Unidos (Kleiman & Pope, 2013), Inglaterra (Cerezo et al., 2015), España (Troncoso & Flóres, 2011) y México (Haro et al., 2012) con el de “tropicalizarlos” en Costa Rica y posteriormente en Ecuador.

Las metodologías de evaluación de tecnologías con estudiantes con discapacidad intelectual también es un campo relevante de exploración. Según Cerezo en una cita de Hanna (1997), los métodos observacionales parecen ser los más apropiados para evaluar productos con niños (Cerezo et al., 2015). Por otro lado, Xu recalca que la interacción y el involucramiento puede ser medido mediante la observación de frecuencias de sonrisas, risas, señales de concentración, motivación o verbalizaciones positivas (Xu, 2005a).

Finalmente, la experimentación con tecnología emergente, como las impresoras 3D son tecnologías que están abriendo nuevas posibilidades de diseño de instrumentos educativos (Avrahami, Wobbrock, & Izadi, 2011). El uso de esta tecnología puede ayudar

a la personalización de recursos educativos, ya que a través de ellas se pueden realizar una infinidad de objetos distintos con características especiales y además garantizar la escalabilidad de la fabricación de los recursos didácticos.

Con base a toda la información presentada hasta el momento se siguió la metodología “de arriba hacia abajo de diseño tecnológico” propuesta por Juan Manuel García (García-Chamizo & Nieto-Hidalgo, 2014) para identificar características generales de diseño de una solución tecnológica y que facilite el planteamiento de los objetivos de la investigación. En la Tabla 3 se plantean un conjunto de cuestionamientos y posibles respuestas agrupadas en clases de factores de diseño.

**Tabla 3: Aplicación de la metodología Top-Down para diseño tecnológico.**

Pregunta	Respuesta	Observaciones	Clases
¿Qué es?	Un kit educativo	Basado en interfaces tangibles	Modelo
¿Para qué es?	Fortalecer la interacción	En procesos de lectura inicial	Esenciales
¿Con qué se hace?	Objetos físicos y sensores	Juguetes o contruidos con impresora 3D	
¿Cómo se hace?	A través de comunicación inalámbrica	Un sensor reconoce los objetos mediante alguna marca o reconocimiento de la forma	

¿Cuándo se hace?	Después de especificar los requerimientos del sistema	Se estima en el lapso de 8 meses	Contexto
¿Quién lo hace?	Un equipo interdisciplinario	Ing. es Sistemas, Psicóloga, Profesorado de Educación Especial, Experto en HCI	
¿Cuánto costaría?	Que sea de bajo costo, no mayor a \$100	Buscar tecnologías asequibles y plataformas de desarrollo open source	
¿Dónde se hace?	Centro de Educación Especial	En un escenario de aprendizaje guiado y aprendizaje autónomo	
¿Para quién?	Estudiantes con síndrome de Down	Con edad cronológica de 5 a 12 años y edad mental entre 5-6 años	

**Fuente: Metodología Top-Down (García-Chamizo & Nieto-Hidalgo, 2014),**

Las respuestas a las interrogantes ayudaron a definir la propuesta de esta investigación, como un sistema computacional basado en Interfaces de Usuario Tangibles, que ayude al profesorado de Educación Especial a generar un ambiente lúdico de interacción en el proceso de lectura inicial de estudiantes con síndrome de Down. Los objetivos de la investigación se plantean a continuación:

### 1.2.1. Objetivos de la investigación

Los objetivos que se plantean a continuación buscan responder a las preguntas de investigación que se formularon en la sección 1.2.1 y en la metodología “de arriba hacia abajo de diseño tecnológico”.

#### **Objetivo General**

Analizar la efectividad de una herramienta basada en Interfaces de Usuario Tangibles en el fortalecimiento del proceso de lectura inicial en estudiantes con síndrome de Down

#### **Objetivos Específicos**

1. Diseñar una arquitectura tecnológica que facilite la abstracción de métodos de lectoescritura utilizados en Educación Especial.
2. Desarrollar una herramienta computacional basada en Interfaces de Usuario Tangibles aplicable a un método de lectoescritura para estudiantes con síndrome de Down.
3. Implementar un kit de objetos tangibles enfocado en el proceso de lectura inicial en estudiantes con síndrome de Down.
4. Evaluar aspectos interacción en un escenario real con estudiantes y profesorado de una institución relacionada al síndrome de Down.

### 1.3. Estado del arte

En esta sección se presentan los resultados del estado del arte que se llevó a cabo en la parte inicial de la investigación, cuyo procedimiento se detalla en el Anexo A. Se presenta el estado del arte de la investigación, a través de dos técnicas, la primera, una revisión bibliográfica exploratoria y la segunda un mapeo sistemático de literatura, que es un medio para identificar, evaluar e interpretar todas las investigaciones relevantes disponibles a una pregunta de investigación particular, área temática, o fenómeno de interés (Kitchenham et al., 2009). En el proceso se pudieron identificar investigaciones referentes a las TIC utilizadas en estudiantes con necesidades educativas diferentes. En el área de discapacidad intelectual se profundizó la búsqueda en amplitud sobre el síndrome de Down. Finalmente, la búsqueda se realizó en profundidad sobre Interfaces de Usuario Tangibles.

#### 1.3.1. Revisión bibliográfica exploratoria

El uso de las TIC en la Educación Especial ha despertado el interés de investigadores de diferentes disciplinas, como las Ciencias de la Computación, Educación y Psicología. Aunque el campo de investigación es bastante amplio y complejo, por la diversidad de estudiantes con necesidades educativas especiales, se realizó una revisión bibliográfica exploratoria en tres bases de datos científicas: ACM Digital Library, IEEE Xplore y Springer. La búsqueda se direccionó a sistemas computacionales desarrollados en la región y orientados al proceso de alfabetización. Los resultados obtenidos se presentan en cuatro categorías:

la primera se enfoca en sistemas lectores de pantallas (Screen readers) y técnicas de Procesamiento de Leguaje natural (PLN, Natural Language Processing, por sus siglas en inglés) para estudiantes con discapacidad visual. La segunda en sistemas de Comunicación Aumentativa y Adaptativa (AAC, Augmentative and Alternative Communication, por sus siglas en inglés) para estudiantes con discapacidad auditiva y de lenguaje. La tercera en sistemas basados en Interfaces Naturales de Usuario (NUI, Natural User Interface, por sus siglas en inglés) para estudiantes con discapacidad física e intelectual. La cuarta en sistemas basados en interfaces tangibles para procesos de alfabetización.

En la Tabla 4 se muestran algunos sistemas computacionales que apoyan la educación de estudiantes con discapacidad visual. Entre ellos se destacan Cantalettras, La Valijita Viajera, AINIDIU, El Caracol Serafín y MEKANTA; que tienen relación con procesos de alfabetización. Rosas, autor de Cantalettras pone en evidencia que para un estudiante sin discapacidad las TIC son una oportunidad para mejorar su experiencia de aprendizaje, pero para un estudiante con discapacidad visual representan una herramienta esencial de habilitación, relación y acceso, siendo entonces la tecnología no sólo una forma de apoyo, sino realmente una línea de vida (Rosas, 2010). Ferreyra, autor de la Valijita Viajera, manifiesta que las TIC son altamente motivadoras para estudiantes con discapacidad visual. Son herramientas y materiales que facilitan el aprendizaje, el desarrollo de habilidades y distintas formas de aprender (Ferreyra et al., 2009). Jadán, autor de AINIDIU, concluye que las TIC son instrumentos que apoyan el aprendizaje de manera lúdica, los estudiantes aprenden jugando

y para ello es necesario diseñar sistemas que contribuyan a la interacción (Jadán-Guerrero, 2013b).

**Tabla 4: TIC utilizadas en la educación de estudiantes con discapacidad visual.**

<b>Año</b>	<b>Tecnologías de apoyo a personas con discapacidad visual</b>	<b>País</b>	<b>Autor</b>
1989	JAWS: Job Access With Speech. Lector de pantallas con licencia	EEUU	Freedom Scientific
2006	NVDA: Non Visual Desktop Access. Lector de pantallas gratuito	Australia	Curran Michel
2006	Cantalettras: Aprendizaje de la escritura en estudiantes ciegos	Chile	Rosas Ricardo
2006	La Valijita viajera: Estimulación multisensorial de niños ciegos	Argentina	Ferreyra José
2009	Aprendizaje de niños ciegos a través de juegos basados en audio	Chile	Sánchez Jaime
2009	AINIDIU: Agente Inteligente para niños con Discapacidad Visual	Ecuador	Jadán Janio
2010	El caracol Serafín: Juego didáctico multimedia para niños ciegos	España	Fundación ONCE
2010	F123: Sistema operativo de código abierto para personas ciegas	Brasil	Botelho Fernando

2012	MEKANTA: Aprendizaje de mecanografía	España	Fundación ONCE
2013	I-Ball: Interactive Ball una pelota de futbol programable	Australia	Surya P.
2013	Kinect in teaching children with hearing and visual impairment	Irán	Armin Kamfiroozie
2014	BraillePlay: Juego educativo en smatphones para niños ciegos	EEUU	Milne Lauren
2015	CRTexter: Buscador para personas no videntes	Costa Rica	Naranjo Luis
2015	ABBI: Audio Bracelet for Blind Interaction. Brazalete interactivo	Italia	Finocchiett S.

### **Fuente: Revisión Bibliográfica realizada por el autor**

En el campo de la discapacidad auditiva y de lenguaje se destacan los sistemas de Comunicación Aumentativa y Adaptativa. El uso de estos sistemas ha permitido el desarrollo de interfaces amigables y accesibles, que tienen la capacidad de brindar asistencia para la comunicación a través de pictogramas y mensajes de voz usando técnicas de Procesamiento de Leguaje natural. En la Tabla 5 se muestran algunos sistemas que apoyan la educación de estudiantes con discapacidad auditiva y de lenguaje. De todos ellos se destacan Dilo, DIGALO, HELPMI, e-Mintza y TEVI que se relacionan indirectamente con el proceso de alfabetización. El sistema DiLO permite a un usuario con diversidad funcional el uso de frases ajustable a sus circunstancias y rutinas particulares

de la vida cotidiana. Sin embargo, no se enfoca directamente a la enseñanza de lectoescritura. El sistema DIGALO se orienta a la enseñanza de lenguas extranjeras y conocimiento teórico de la Lingüística, pero tampoco a la enseñanza de lectoescritura. El sistema HELPMI utiliza pictogramas de acciones de la vida cotidiana, pero su objetivo es el de comunicación principalmente. El sistema e-Mintza es un sistema personalizable y dinámico de comunicación aumentativa y alternativa dirigido a personas con autismo o con barreras de comunicación oral o escrita, pero no se enfoca a la enseñanza de la lectoescritura.

**Tabla 5: TIC utilizadas en la educación de estudiantes con discapacidad auditiva y lenguaje.**

<b>Año</b>	<b>Sistemas de Comunicación Alternativa y Aumentativa</b>	<b>País</b>	<b>Autor</b>
2009	Sc@ut: AAC para niños con Trastornos del Espectro Autista (TEA)	España	Rodríguez María
2010	PLAPHOONS: Comunicación alternativa para discapacidad motora	España	Lagares Jordi
2011	VICTOR VERBAL: Sistema AAC para dispositivos móviles	EEUU	Pauca Paul
2011	PEAPO: Programa de Estructuración Ambiental Por Ordenador	España	Pérez Luis
2011	ABLAH: Comunicación para personas con TEA y Asperger	España	González Juan C.

2011	DiLO: Dispositivo Locutivo para usuarios con diversidad funcional	España	ITER
2012	DIGALO: Herramienta para el aprendizaje del léxico y la escritura	Costa Rica	Leoni Jorge
2012	HELPMI: Herramienta que Emula Lenguaje de palabras con Imágenes	Ecuador	Jadán Janio
2013	TICO: Tableros Interactivos de Comunicación	España	Ezpeleta Joaquín
2012	e-Mintza: Sistema AAC dirigido a niños con autismo	España	Fuentes Joaquín
2012	PictoDroid Lite: Comunicación a través de dispositivos móviles	España	García Fátima
2012	AAC Speech Communicator	Suiza	Zemleris Vidmantas
2013	SAAC-Droid: Herramienta de ayuda a la comunicación	Argentina	Aguirre Sofía
2014	Araboard: Sistema AAC facilitar la comunicación funcional	España	Baldassarri Sandra
2015	TEVI: Teclado Virtual para personas con discapacidad psicomotora	Ecuador	Jácome Ligia

### **Fuente: Revisión Bibliográfica realizada por el autor**

En el campo de rehabilitación física se han desarrollado sistemas basados en Interfaces Naturales de Usuario. Estos sistemas permiten hacer un reconocimiento fluido de la interacción

natural de un usuario a nivel corporal y también el poder hacer el procesado de reconocimiento de voz (Vásquez, Rosa, & Gómez, 2012). Una de las tecnologías más populares en este campo es el dispositivo Kinect, un sensor creado por la empresa Microsoft, que ha sido ampliamente utilizado por investigadores para crear espacios de interacción y rehabilitación. Los principales sistemas computacionales que apoyan la educación de estudiantes con discapacidad física e intelectual se muestran en la Tabla 6. Entre los sistemas que se destacan en el proceso de alfabetización están: Pictogram Room, LUCKI, Sistema Leap Motion y Word Out!. El sistema Pictogram Room (La Habitación de los Pictogramas) presenta forma lúdica y entretenida de avanzar en aspectos básicos de la comunicación, la atención conjunta, el esquema corporal y la imitación orientada a estudiantes con Trastorno del Espectro del Autismo (TEA).

**Tabla 6: TIC utilizadas en la educación de estudiantes con discapacidad física e intelectual.**

<b>Año</b>	<b>Interfaces de Usuario Naturales</b>	<b>País</b>	<b>Autor</b>
2011	Kinempt: Plataforma para rehabilitación ocupacional.	Taiwán	Yu-Chi Tsai
2011	Open-ended Framework: Aprendizaje de niños con discapacidad.	Italia	Garzotto, Franca
2012	Pictogram Room: Rehabilitación de niños con autismo.	España	Casa Xavier

2012	Mudra: Rediseño de interfaces naturales de usuario (NUI).	India	Ankit Dave
2012	Mundos virtuales 3D para la relajación mental causada por estrés.	China	Kwok-Fai A.
2012	Teaching with greenfoot and the Kinect:	UK	Kölling Michael
2013	Rehabilitación física usando Kinect y Second Life	Arabia Saudita	Abdur Mohamed
2013	Tango-H: niños hospitalizados con diversidad funcional	España	González Carina
2013	Advan, Advan-ed: Rehabilitación física y cognitiva con Kinect	España	González Virginia
2013	Kinect games integrated with virtual reality (VR)	China	I-Ching Chung
2013	LUCKI: Lúdica en Universos Controlados por Kinect para Inclusión	Costa Rica	Jadán Janio
2014	OnlineGym: Rehabilitación física	Portugal	Paredes Hugo
2014	Kinect-Sign: Enseñar lenguaje de señas a través de Juegos	Portugal	Gameiro João
2015	Reconocimiento de señas usando Leap Motion	Costa Rica	Quesada Luis

2015	Fighting Gulliver: Sistema de Realidad Virtual e interacción física	Korea	Kuan-Ting Chou
2015	Word Out! Aprendizaje del alfabeto con interacciones corporales	Singapur	Yap Kelly

### **Fuente: Revisión Bibliográfica realizada por el autor**

El sistema LUCKI se orienta a reconocer partes del cuerpo por medio del sensor Kinect y el movimiento corporal del estudiante con discapacidad intelectual. El sistema de reconocimiento de lenguaje de señas con el sensor Leap Motion se orienta al reconocimiento de las letras del alfabeto en lenguaje de señas costarricense. El Sistema Work out! Permite que estudiantes con limitaciones físicas dibujen las letras del alfabeto con su cuerpo, el sistema cumple dos funciones la de rehabilitación física y la de enseñanza del alfabeto.

Para finalizar la fase exploratoria se realizó una búsqueda de TIC basadas en interfaces tangibles relacionados al proceso de alfabetización. En la Tabla 7 se muestran algunos sistemas basados en interfaces tangibles. Casi todos estos sistemas tienen relación con procesos de lectura y escritura, no todos se orientan a estudiantes con discapacidad, como inTuit que combina dispositivos móviles e incluye interacción a través de objetos tangibles. Reading Globe, se orientan a jóvenes para que desarrollen habilidades de expresión oral al interactuar con un guante que reconoce objetos y propician un ambiente de narración. El sistema RoyoBlocks es un oso de peluche que lee

palabras escritas en bloques de madera, este sistema se orienta a estudiantes de educación inicial sin discapacidad. Aunque se lo podría utilizar con estudiantes con discapacidad intelectual, su limitación es que está en idioma inglés. El sistema Magic cloud es una nube tipo almohada que se conecta a un computador y permite asociar objetos tangibles con alguna imagen, audio o video. Este sistema tampoco se orienta a estudiantes con discapacidad intelectual y aunque no está disponible en idioma español se podría adaptarlo a diferencia de RoyoBlocks que parece ser más cerrado, por los bloques de madera prefabricados. Se adapta a cualquier método por su fácil fabricación. El sistema de lectura Tag, de Leap Frog-Cefa es un bolígrafo, o varita, que lee en alto las palabras de un cuento, y éstas pueden explorarse de línea en línea. El sistema I / O Brush es una herramienta de dibujo, en la forma de un pincel común, con una cámara y sensores táctiles integrados. Este dispositivo permite a los estudiantes capturar los colores y las texturas de las superficies. Los colores se reproducen en voz y en un lienzo digital, que consiste en una pantalla táctil. TÍCKLE (interfaz tangible para Collaborative Learning Environments) es una plataforma que utiliza técnicas de visión por computadora para rastrear objetos y mapas de sus movimientos en una interfaz gráfica de usuario. Los estudiantes interactúan con los juegos matemáticos concretos, como la Torre de Hanoi y Tangram, mientras que el sistema de mapas de sus acciones a la pantalla del computador.

**Tabla 7: TIC basadas en Interfaces de Usuario Tangibles para fortalecer la interacción.**

<b>Año</b>	<b>Interfaces de Usuario Tangible</b>	<b>País</b>	<b>Autor</b>
2004	Read-it: Interface Tangible Multimodal para enseñar a leer	Holanda	Weevers Ivo
2005	I/O Brush: Herramienta para explorar colores y texturas	USA	Hiroshi Ishii
2008	E-du Box: Interface Tangible Multimedia para alfabetización	Brasil	Brotto André
2010	inTUIt: Interacción con Interfaces Tangibles	Alemania	Wiethoff Alexander
2011	Reading Glove: Un guante que identifica objetos y verbaliza	Canadá	Tanenbaum Karen
2011	Tok: Interface Tangible para crear y narrar cuentos	Portugal	Sylla Cristina
2011	T-Maze: Interfaz Tangible para enseñar a programar a niños	China	Wang Danli
2013	Portico: Interacción con objetos tangibles y tablets	EEUU	Avrahami Daniel
2013	NIKVision y ToyVision: Juego de mesa con juguetes tangibles	Portugal	Marco Javier
2013	RoyoBlocks: Peluche que lee palabras en bloques de madera	Costa Rica	Leoni Jorge
2013	Table Top: Juego de mesa para enseñar a leer a niños Down	México	Muro Bárbara

2013	Lit Kit: Lectura de cuentos con cubos Sifteo (cubos interactivos)	EEUU	Schafer George
2013	Co-StiCap: Objetos tangibles para niños con TDAH	España	De la Guía Elena
2013	TICKLE: Interfaz tangible para ambientes de aprendizaje	Alemania	Katrin Wolf
2014	Magic Cloud: Nube de peluche que reconoce objetos	UK	Manches Andrew
2015	Puppet Duets: Interacción con marionetas para narrar cuentos	Portugal	Chisik Yoram
2015	Kiteracy: Kit de objetos tangibles para fortalecer la lectura inicial	Costa Rica	Jadán Janio

Fuente: Revisión Bibliográfica realizada por el autor

En el campo de la discapacidad intelectual y específicamente en síndrome de Down se encontraron sólo dos sistemas que presentan evaluaciones con estudiantes con esta condición. El primero, Table Top desarrollado en México y basado en un método de lectoescritura global. El sistema usa juguetes sobre una mesa de juego que simula una pantalla táctil utilizando un proyector y una cámara web bajo la mesa para identificar los objetos (Haro et al., 2012). El segundo, Kiteracy desarrollado en Costa Rica por el autor de este libro. El sistema es un kit de objetos tangibles fabricados con una impresora 3D, juguetes de bajo costo de plástico, caucho y madera; así como letras del alfabeto tangibles fabricadas de madera, plástico y foamix (Jadán-Guerrero, Jaen,

Carpio, & Guerrero, 2015). El sistema se basó en dos métodos de lectoescritura, uno analítico y otro sintético. A pesar que su diseño está basado en experiencias y características de algunos sistemas desarrollados en otros países, aún se desconoce el impacto que pueda tener en un escenario real. A continuación, se plantea una búsqueda más profunda en el campo de las interfaces tangibles y tecnologías de estudiantes con síndrome de Down.

### **1.3.2. Revisión bibliográfica sistemática**

Se pueden distinguir dos técnicas de revisión sistemática, la primera Revisión Sistemática de Literatura (RSL) que es un proceso de búsqueda exhaustivo en profundidad. La segunda, un Mapeo Sistemático de Literatura (MSL), que es un tipo de estudio secundario (estudio basado en el análisis de investigaciones previas). Su objetivo es determinar el alcance de la investigación realizada sobre un tema de investigación específico y clasificar conocimiento, a diferencia de una revisión sistemática que busca responder a una pregunta de investigación específica (Beltrán G., 2005)(Kitchenham et al., 2009).

En esta sección se presenta un mapeo sistemático de literatura con los trabajos de investigación de dos enfoques, el primero el de tecnologías para estudiantes con síndrome de Down y el segundo relacionado a la Interfaces Tangibles de Usuario que tiene relación con el proceso de lectoescritura.

Una vez que se realizaron las corridas en las cinco bases de

datos se obtuvieron 180 artículos en total. De cada uno de ellos se extrajo el título, autores y resumen., se imprimió y se trabajó con un proceso de revisión de pares, en el cual intervinieron tres colegas del grupo de investigación.

En función de las preguntas de investigación, cada uno identificaba el objetivo de cada artículo y según su criterio lo marcaba como, rechazado, válido o válido con revisión. Posteriormente, el experimentador revisó el trabajo de sus pares con el fin de confirmar o excluir algún estudio. De esta segunda fase del proceso se seleccionaron 59 artículos. En la Tabla 8 se muestra un resumen las áreas de instigación.

**Tabla 8: Resumen de los artículos del mapeo sistemático de literatura**

<b>Base de Datos</b>	<b>Número de artículos</b>	<b>Categorías de investigación</b>
ACM	10	Comunicación, Evaluación, Emociones, Vida diaria, Lectura, Interacción y tabletas, Interfaces Tangibles, Matemática básica
IEEE XPLORE	12	Lectura, Matemática básica, Lenguaje, Comunicación, Interacción, Robots, Educación, Multimedia, Evaluación de comportamiento, Involucramiento, tecnologías emergentes, Domótica, Ambientes Virtuales, Inclusión

SPRINGER	25	Motricidad, Interfaces Tangibles, Aplicaciones web, Inclusión, Matemática, Juegos Educativos, Comunicación, interfaces no tradicionales, Interacción, Lectura, Multimedia, Ambientes Virtuales, Robots
SCOPUS	10	Lectura, Actividades diarias, Interfaces interactivas, Juegos Educativos, Interacción, Dispositivos móviles, Comunicación, Tableros Interactivos, Usabilidad, Lenguaje, Inclusión, Lenguaje
Web of Science	2	Inclusión, Comunicación
<b>Total</b>	<b>59</b>	

Fuente: Elaboración del autor

Después de la revisión de los 59 artículos seleccionados, se utilizó la herramienta TagCrowd para generar una nube de términos relevantes encontrados en las categorías descritas en las bases de datos de la Tabla 8. Se pudo identificar que la comunicación es una de las áreas más investigadas, seguida del área de inclusión e interacción, un poco menos en aspectos de alfabetización, como lectura, lenguaje y habilidades matemáticas, como se puede observar en la Figura 2.





*Figura 3: Interfaces de Usuario Tangible publicadas entre 2004 y 2011*

READ-IT es un juego de mesa interactivo que provee una interfaz tangible multimodal, es decir, combina las ventajas de los juegos tradicionales de mesa con la integración de actividades en una computadora. El objetivo de esta interfaz es apoyar a los niños y niñas que aprenden a leer a través del desarrollo de habilidades de memoria. La herramienta tiene 20 bloques físicos, cada uno asociado con una tarjeta virtual que contiene pictogramas o palabras. Todo el sistema consta de un computador, un proyector, una fuente de luz infrarroja, una cámara sensible al infrarrojo, y una mesa con una superficie reflectante. El proyector proyecta la salida

de la pantalla del computador sobre la mesa horizontal. La fuente de luz infrarroja ilumina el espacio de acción y percepción sobre la mesa. La luz es reflejada hacia la cámara sensible al infrarrojo por medio de etiquetas retro-reflectantes. Estas etiquetas están asociadas a los bloques físicos que se colocan sobre la mesa. El computador ejecuta un software de visión por computadora para analizar las imágenes de la cámara. La salida del software consiste en la etiqueta - y por lo tanto de ladrillo - posiciones, orientaciones y las identificaciones de etiquetas únicas. Cada ladrillo tiene una etiqueta única, que el patrón está definido por un número y la posición de los agujeros no reflectantes en la etiqueta (Weevers et al., 2004).

E-DU BOX es una aplicación informática basada en una interfaz tangible que utiliza un ratón con forma de bolígrafo especial que vibra según algunas situaciones definidas por el profesorado en el proceso de lectura. La retroalimentación es proporcionada por un agente e-du tangible, interactivo y animado, que es capaz de moverse y hablar. El sistema está compuesto por un circuito que permite la conexión de una computadora, una televisión convencional, el bolígrafo especial y el agente interactivo por medio de una conexión Bluetooth. El objetivo de E-du box es fortalecer la interacción en el proceso de aprendizaje de lectoescritura de estudiantes a través de un libro digital con actividades (Brotto Furtado et al., 2008).

NIKVISION es un juego de mesa interactivo que consiste en un tablero basado en técnicas de superficies multimodales y un conjunto de juguetes tangibles. El sistema fue diseñado para

estudiantes de pre-escolar y se centra principalmente en la interacción tangible para introducir nuevo vocabulario y habilidades de lectura. y por lo tanto en el manejo de objetos físicos en la superficie de la mesa. El sistema usa cámara de vídeo USB, un proyector y un espejo que se colocan debajo de una mesa, con estos componentes se captura la superficie de la mesa desde abajo. En la superficie se ubican juguetes convencionales que pueden ser manipulados por los estudiantes. Los movimientos realizados con interpretados por un software de reconocimiento visual, que convierten en acciones llevadas a un computador y convertidas en actividades lúdicas. La información se presenta en la pantalla de una computadora tradicional (Cerezo et al., 2015).

T-MAZE es una herramienta de programación tangible de los estudiantes. Todo el sistema utiliza una cámara web y una placa Arduino para capturar la secuencia y tipo de bloques. El objetivo de la herramienta es el desarrollo de habilidades cognitivas a través de conceptos de programación en estudiantes de pre-escolar. (Wang, Zhang, & Wang, 2011).

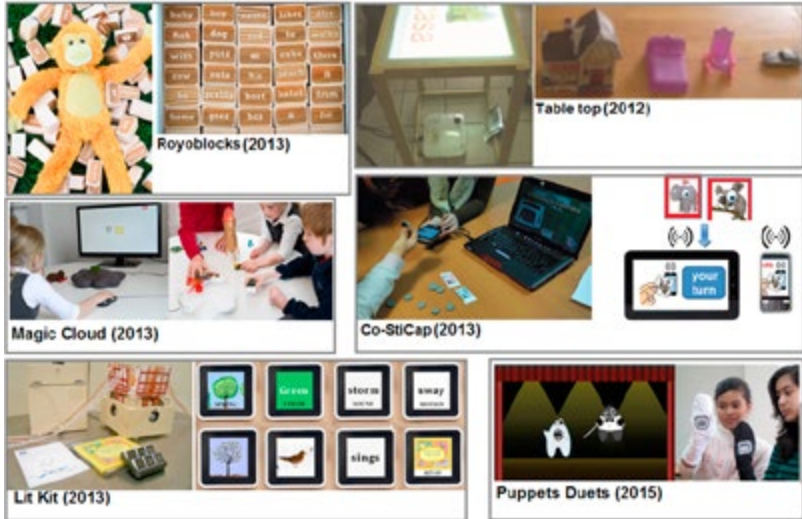
READING GLOVE es un lector RFID (Radio Frecuencia) portátil en forma de guante con un conjunto de objetos comunes que tienen etiquetas debajo o dentro. El estudiante al seleccionar un objeto y cogerlo con el guante puede escuchar la pronunciación de la palabra. La herramienta está enfocada a estudiantes de secundaria y busca fortalecer las habilidades de lenguaje a través de la creación de narraciones (K. Tanenbaum et al., 2011).

TOK es una interfaz tangible para que los estudiantes de pre-

escolar puedan desarrollar habilidades de lenguaje a través de la narración de sus propias historias. La herramienta consiste en una plataforma con el formato de un libro de dos páginas y un juego de tarjetas de papel con pictogramas. La página en el lado izquierdo se utiliza para la colocación de las tarjetas, que comprende 15 ranuras rectangulares en las que caben las tarjetas. La página en el lado derecho tiene un computador embebido. Cuando las tarjetas de imagen se colocan en las ranuras, una animación se activa en la pantalla del computador (Sylla, Branco, & Coutinho, 2011).

En la Figura 4 se presentan las últimas herramientas basadas en interfaces tangibles encontradas en el período 2012 a 2015.

ROYOBLOCKS es un sistema desarrollado para permitir a los estudiantes a leer palabras y oraciones. Consta de 60 bloques de madera y un mono de peluche. Cada bloque es una palabra y tiene una etiqueta RFID incrustado. El mono contiene un lector RFID desarrollado con la plataforma de hardware abierto Arduino, que identifica la etiqueta de cada bloque y reproduce audio de la pronunciación de las palabras a través de un altavoz. Este sistema ofrece a proporcionar a los estudiantes pequeños la oportunidad de desarrollar habilidades de alfabetización temprana (Kleiman & Pope, 2013).



*Figura 4: Interfaces de Usuario Tangible publicadas entre 2012 y 2015*

TABLE TOP es un sistema que utiliza una proyección invertida de un haz de video. El sistema también utiliza objetos tangibles que son reconocidos por las etiquetas exteriores y una cámara. Las interfaces tangibles son objetos físicos que representan las imágenes o palabras que se muestran (Marco, Cerezo, & Baldassarri, 2013). Un estudio de investigación describe cómo las mesas son un enfoque interesante para el apoyo informático de aprendizaje colaborativo y los autores cuestionan enumeradas que deben abordarse cuando se utiliza este tipo de interfaz.

MAGIC CLOUD es una herramienta que usa tecnología RFID para identificar objetos a través de una nube de peluche que tiene el lector del sensor. La nube mágica es un dispositivo USB y un software que permite a niños de 4 años en adelante a vincular su

mundo físico con el digital. Es una herramienta que ofrece una amplia gama de actividades de enseñanza y aprendizaje: a partir de una actividad de narración de historias para traer desarrollar habilidades de lenguaje.

CO-STICAP (Estimular las capacidades cognitivas de colaboración) es un multi-dispositivo basado en interfaces de usuario distribuidos y sistemas de juegos. Su objetivo es ofrecer actividades cognitivamente estimulantes para los niños con trastorno de hiperactividad y déficit de atención (TDAH). Se utiliza un ordenador portátil, un smartphone y etiquetas de un objeto tangible estará con NFC (comunicación de campo cercano) (Guía, Lozano, & Penichet, 2013).

LIT KIT es un sistema portátil que soporta la lectura de libros. Utiliza la tecnología Arduino que se comunica con Cubos Sifteo para controlar las acciones de multimedia. Los Cubos Sifteo son bloques (en base a los patrones de juego de los bloques de construcción Lego o fichas de dominó), que se comunican de forma inalámbrica y responden el uno al otro. LIT KIT ofrece a los estudiantes la oportunidad de interactuar con los artefactos digitales y robóticos en un entorno real y físico en procesos de alfabetización (Schafer et al., 2013).

PUPPETS DUETS es un sistema compuesto por dos avatares, un conductor y un cantante. Estos avatares son manipulados por dos marionetas físicas, que son identificadas por un sistema de RFID y son presentadas en forma digital en un escenario de teatro. El objetivo es el desarrollo de habilidades de lenguaje (Chisik, 2015).

En su mayoría estas investigaciones revelan que a través de estas interfaces lúdicas para aprender-haciendo, los estudiantes aumentan la eficiencia del proceso de aprendizaje y se apropian de los conceptos educativos de una manera más fácil (Bravo et al., 2005; Papert, 1993). Estas interfaces ofrecen un entorno tangible enfocado a fortalecer habilidades de comunicación, lenguaje, alfabetización y colaboración

En el Anexo A se resume el procedimiento que se llevó a cabo en la revisión sistemática de literatura; así como un resumen de los resultados y problemas encontrados en estas interfaces tangibles.

En resumen, se puede decir, que el desarrollo y la evaluación de tecnologías emergentes en contextos complejos como la enseñanza de la lectura en estudiantes con síndrome de Down; es un tema novedoso y de actualidad, ya que, al existir una amplia gama de sensores y tecnologías en el mercado, se requieren Guías de Diseño que faciliten la replicación y distribución a Centros Educativos, familias o la sociedad en general. Frente a este gran desafío se puntualizan los alcances y limitaciones de la investigación.

#### **1.4. Estructura del libro**

En el primer capítulo se presentan la información general de la investigación, se introduce la motivación del autor y los antecedentes personales que le llevaron a plantearse la misma. En antecedentes se introducen también algunos problemas de la alfabetización de estudiantes con síndrome de Down y

se contextualiza el problema a una posible solución basada en Interfaces de Usuario Tangibles. Posteriormente, se describe el Planteamiento del Problema en el cual se detallan los problemas abiertos en el contexto de aplicación y se plantea una pregunta de investigación. Se describe la importancia y justificación del estudio, así mismo se plantean los objetivos a lograr en el estudio.

El segundo capítulo contiene el Marco Teórico relacionado a los principios de diseño de Interfaces de Usuario Tangible, que es campo central de investigación dentro de las Ciencias de la Computación. Se inicia el capítulo con el paradigma de Interacción Humano-Computador donde se presentan definiciones y temáticas relacionadas, como las Interfaces de Usuario no tradicionales, hasta llegar a profundizar las Interfaces de Usuario Tangibles. Se detallan ventajas, desventajas y las tecnologías utilizadas que son importantes para el diseño de nuevas tecnologías basadas en interfaces tangibles.

En el tercer capítulo se aborda el contexto de aplicación de la investigación, comenzando con los conceptos y procesos que intervienen en la lectura inicial. Posteriormente, se describe las características y dificultades que los estudiantes con Síndrome de Down presentan en su desarrollo cognitivo, psicológico y social. Finalmente, se describen dos métodos de lectoescritura orientados a estudiantes con discapacidad intelectual.

En el cuarto capítulo se presenta el marco metodológico de la investigación, en el cual se describe el tipo de estudio. También se describe el diseño metodológico que fue adaptado al campo

computacional. Posteriormente, se establecen cuatro categorías en las que rige la investigación; así como las hipótesis a demostrar. Finalmente, se describe el diseño cuasi experimental desarrollado en la fase de evaluación y comprobación de hipótesis.

En el quinto capítulo se presenta la propuesta computacional y se describen los tres prototipos que se desarrollaron en la investigación. Primeramente, se explica Tic@ula (Tecnologías de la Información y la Comunicación para el aula costarricense), una plataforma web que aplicó el estándar IEEE-LOM (Metadatos de objetos de aprendizaje) con el fin de estructurar un repositorio con los contenidos de los métodos de lectoescritura. Posteriormente se explica Kiteracy (Kit de Objetos Tangibles para la alfabetización) desarrollado en España con el método Global y finalmente Kiteracy PiFo desarrollado en Costa Rica con el método PiFo.

En el sexto capítulo se presentan los resultados y análisis de ellos en función de las conductas observadas en los estudiantes con síndrome de Down. En el séptimo capítulo se presenta las conclusiones en relación a la problemática central y se presenta el trabajo futuro.

# Capítulo 2

## 2. PRINCIPIOS DE DISEÑO DE INTERFACES DE USUARIO TANGIBLE

Para poder comprender adecuadamente la investigación acerca de las Interfaces de Usuario Tangibles, es necesario comprender las bases en las cuales se desarrolló la presente investigación. Este capítulo se divide en cuatro secciones, en la primera se describe el paradigma de la Interacción Humano-computador. Seguidamente, en la segunda parte, se definen las Interfaces de Usuario No Tradicionales, entre ellas las Interfaces de Usuario Tangibles. En la tercera sección, se describen los sistemas de comunicación posibles que se pueden usar con una interface tangible. Finalmente, en la cuarta sección, se da una breve descripción de los métodos de evaluación en el campo de Interacción Humano-Computador.

### 2.1. Interacción Humano- Computador

La Interacción Humano-Computador (HCI por sus siglas en inglés) es un área que tiene su origen en los años ochenta cuando aparecieron las primeras computadoras personales. El contacto de las personas con las computadoras abrió ésta área de investigación y se acuñó como una nueva disciplina que comenzó con el término Man-Machine interface (Kortum, 2008). HCI es una disciplina que se enfoca en el diseño, evaluación e implementación de sistemas computacionales interactivos,

tomando en cuenta los fenómenos que ocurren alrededor de los usuarios. HCI también se aproxima a muchas otras disciplinas, sin embargo, su principal foco de interés son las Ciencias de la Computación y el diseño de sistemas computacionales (Saffer, 2007).

HCI se ha desarrollado notablemente en estos últimos años con el avance de tecnologías emergentes, tales como, computadoras portátiles, teléfonos inteligentes, tabletas, consolas de juego, robots, tableros de automóviles e incluso electrodomésticos. Es decir que HCI no se refiere únicamente a la comunicación entre una persona y una computadora, representa la interacción (comunicación directa o indirecta) entre “Humano” y “Computador”. El término “Humano” es cualquier usuario que esté intentando desarrollar una tarea y “Computador” representa cualquier tecnología que apoye los procesos para realizar dicha tarea (Dix, Finlay, Abowd, & Beale, 2004).

Dentro del área de HCI y del lado de las ciencias de la computación se han derivado nuevas sub-áreas de investigación que se describen de forma general a continuación:

Tangible User Interface (TUI). - Las interfaces de usuario tangibles tienen como objetivo aprovechar las habilidades hápticas de un usuario. Es decir, que la información digital puede ser manipulada por las manos a través de objetos físicos. Estos objetos pueden o no tener ciertas capacidades adicionales de hardware o software que le permiten al sistema reconocerlos como elementos de entrada o incluso de salida (H. Ishii & Ishii, 2008). RoyoBlocks es

un ejemplo de una interfaz tangible desarrollada por la Universidad de Stanford, que consiste en un oso de peluche que puede leer palabras escritas en pequeños bloques de madera. El sistema funciona mediante un sensor que identifica un identificador en cada bloque de madera (Kleiman & Pope, 2013).

Natural User Interface (NUI). - Las Interfaces Naturales de Usuario tienen la capacidad de reconocer gestos y partes del cuerpo humano. Permiten hacer un reconocimiento fluido de la interacción natural de un usuario a nivel corporal y también el poder hacer el procesado de reconocimiento de voz. La NUI es una evolución de la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) y surge como un mecanismo de interacción hombre-máquina. Hace uso de una comunicación de manera natural al ser humano, capturando información en tiempo real logrando una interacción corporal de manera directa, sin utilizar un periférico que actúen como intermediario para la entrada de información (Díaz Rodríguez, 2015). Kinect es un ejemplo de una interfaz natural desarrollado por la empresa Microsoft, que consiste en usar una consola de juegos sin controles físicos, pero si con movimientos de partes del cuerpo de una persona (Vásquez et al., 2012).

Ubiquitous Computing (UbiCom). - La Computación Ubicua se refiere a la relación hombre-máquina que busca crear una nueva generación de interfaces que se caracterizan por ser más inteligentes, móviles y menos visibles al usuario. UbiCom es un término caracterizado por Mark Weiser, cuya meta es el incremento en el uso de sistemas de cómputo a través del ambiente físico, haciéndolos disponibles y a la vez invisibles al usuario (Dix et al.,

2004; Saffer, 2007). La Computación Ubicua está fuertemente vinculada al uso de dispositivos electrónicos pequeños que se incrustan en los entornos donde las personas se desenvuelven para obtener información (sensores) y modificar las condiciones del entorno. SIDS (Sudden Infant Death Syndrome) es un dispositivo desarrollado en la Universidad de Costa Rica, que se comunica con un teléfono inteligente para enviar información de la posición de un bebé que duerme en la cuna, con el fin de alertar a los padres y evitar el síndrome de muerte súbita (López et al., 2013).

Ambient Assisted Living (AAL). - Asistencia Personal para la Vida Independiente se refiere al uso de las TIC y servicios, tanto en la vida diaria y entornos de trabajo de las personas. Su objetivo es ayudar a mejorar las condiciones de bienestar y de salud, además de ayudar con las actividades diarias, tales como, tareas personales, tareas de hogar, tareas de acompañamiento, tareas de conducción o tareas de comunicación. Este campo tiene aplicación directa en personas adultas mayores o personas con necesidades especiales haciendo permaneciendo conectado socialmente y de vivir de forma independiente (Nugent, Coronato, & Bravo, 2013). BOARD (Book of Activities Regardless of Disabilities) es un libro inteligente desarrollado en la Universidad Politécnica de Madrid, que se comunica con una aplicación móvil para asistir a una persona con discapacidad física en la realización de un conjunto de actividades de la vida diaria. Se basa en pictogramas intuitivos que permiten el envío de mensajes, hacer llamadas, o abrir y cerrar cortinas (Bautista, Colomer, Cabrera-umpiérrez, Pérez, & Páramo, 2012).

Internet of Things (IoT). - El Internet de las cosas es un término acuñado por Kevin Ashton en 1999 y se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos con internet. Es un tipo de computación que se caracteriza por pequeños procesadores, en su mayoría invisibles y a menudo de bajo procesamiento incorporados en objetos del mundo real. Estos dispositivos detectan y transmiten datos sobre el entorno y ofrecen nuevas formas de controlarlo (Aggarwal & Lal Das, 2012). Nest es una empresa que fabrica termostatos, que cuenta con un detector de movimiento, sensores para temperatura, humedad y luz; y algoritmos que aprenden las preferencias y costumbres de los habitantes de la casa y pueden programar la calefacción y el aire acondicionado. Una conexión WiFi le proporciona datos meteorológicos y permite al usuario controlar el sistema a través de un teléfono o un navegador web (Fairley, 2014).

La Interacción Humano-Computador es un proceso que acompaña el desarrollo de un sistema y se adapta a cada una de las etapas del proceso. Para cada una de las etapas del proceso existen múltiples características de HCI que son aplicables para asegurar la usabilidad del sistema final (Dix et al., 2004). A continuación, se describen las etapas de desarrollo de sistemas informáticos y su relación con HCI.

- Etapa de requerimientos. En esta etapa se utilizan instrumentos de recolección de datos, tales como, la entrevista a expertos, encuesta a usuarios potenciales, u observación en el contexto. El objetivo es recolectar

información etnográfica que ayuden a entender el problema.

- Etapa de análisis. En esta etapa se utilizan los resultados de los instrumentos utilizados en la recolección de información para extraer los principales problemas que se deben atacar para que el sistema sea exitoso.
- Etapa de diseño. En esta etapa es donde la HCI juega un papel muy importante para asegurar la usabilidad del sistema final. Existen tres características principales de los principios de diseño para asegurar que un sistema sea usable: facilidad de aprendizaje, flexibilidad y robustez.
- Etapa de implementación. En esta etapa de implementación y despliegue también de la solución, la HCI incorpora algunas metodologías que permiten evaluar la usabilidad y funcionalidad del sistema final. En la sección de metodologías de evaluación se describen con detalle.

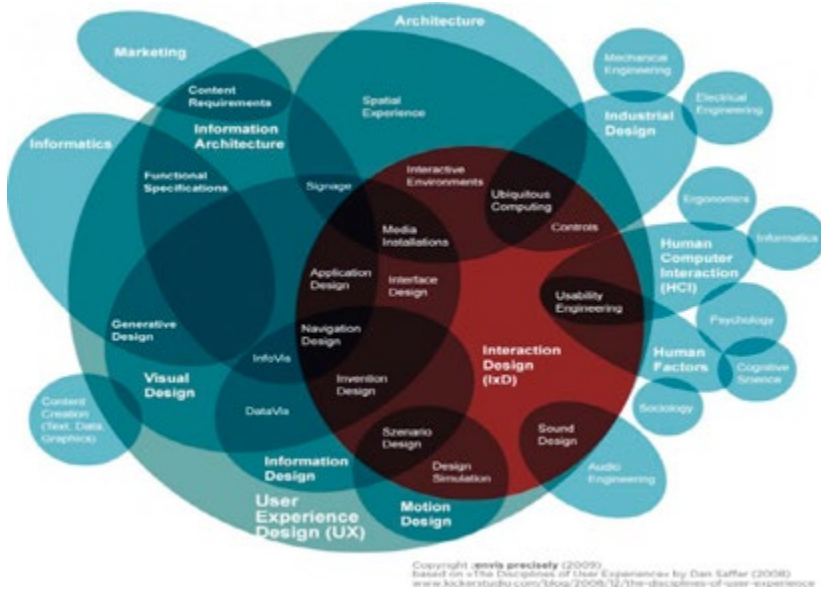
Al igual que cualquier sistema informático, los procesos de desarrollo son normalmente iterativos, lo que facilita desarrollos escalables y fácilmente modificables en caso de ser necesario. En HCI además se consideran procesos interactivos mediante el uso de algunas técnicas de desarrollo rápido, por ejemplo, un guion gráfico (storyboard) es un conjunto de ilustraciones mostradas en secuencia con el objetivo de entender las funciones de un sistema, una Prueba de Concepto o PoC (por sus siglas en inglés) es una implementación a menudo resumida e incompleta de una idea, construcción de prototipos que es el desarrollo de una implantación del sistema inicial para obtener retroalimentación de los usuarios (Saffer, 2007). Por ejemplo, una pantalla flexible, en

la cual se describen o simulan las ventajas y funcionamiento con el fin de identificar reacciones de la gente y el interés por adquirir una en caso de fabricarla.

## **2.2. Interfaces de usuario no tradicionales**

Los recientes avances en computación y tecnologías de información y comunicación (TICs) han generado nuevas soluciones tecnológicas (software y hardware) que facilitan muchas labores en la vida cotidiana de las personas. Recientemente han surgido nuevos escenarios no tradicionales de interacción, es decir, sistemas que no necesariamente se acceden a través del teclado, ratón y monitor. Las interfaces no tradicionales son aquellas que se detectan por un medio distinto al habitual. Veamos algunos ejemplos de interfaces no tradicionales, que se describe Philip Kortum en su libro HCI beyond de GUI (Kortum, 2008).

La revolución informática ha traído consigo tecnologías con nuevos escenarios de interacción, novedosas herramientas emergentes con sistemas que no necesariamente se acceden a través del teclado, ratón y monitor. Esta interacción se da por medio de interfaces de usuario no tradicionales que recaen en el campo multidisciplinario de Interacción Humano-Computador (Kortum, 2008). En la Figura 5 se presentan las disciplinas que intervienen en es este campo (Saffer, 2007).



*Figura 5: Disciplinas que tienen relación con diseño de Interacción propuesto por Dan Saffer.*

Se puede observar que HCI está compuesto por disciplinas relacionadas al diseño, que convergen en un área en común denominada Diseño de interacción. Por un lado, la Ciencias de la Computación, la Psicología y Ergonomía intervienen en el campo de HCI. Por otro la Psicología, Sociología y Ciencias Cognoscitivas intervienen en el campo que estudia los Factores Humanos. La intersección de HCI y Factores Humanos genera una nueva disciplina denominada Ingeniería de la Usabilidad (Saffer, 2007). Dentro de esta disciplina se investigan aspectos de funcionalidad y usabilidad de sistemas computacionales, es decir, su facilidad de uso (formas de intercambiar información entre un usuario y el sistema), su facilidad de aprendizaje (sistemas que garantizan

interacción efectiva y máximas prestaciones para nuevos usuarios) y la satisfacción del usuario (Kortum, 2008), (Saffer, 2007).

En escenarios complejos de interacción, como la Educación Especial, poco se conoce sobre criterios para medir los factores que contribuyen a la usabilidad. Es una tarea difícil la generación de modelos computacionales que abstraigan el comportamiento y reconocimiento de estos escenarios complejos de la vida real, donde las incertidumbres son inherentes a la naturaleza humana de los usuarios que realizan una acción con un sistema computacional. Aún quedan varios problemas abiertos por investigar en el levantamiento de especificaciones estructurales para el diseño de interfaces de usuario no tradicionales, la creación de ontologías, o metodologías de desarrollo y evaluación de interfaces de usuario no tradicionales (Kortum, 2008)(Saffer, 2007) (Díaz Rodríguez, 2015).

### **2.2.1. Interfaces de usuario hápticas**

Estas interfaces utilizan la sensación del tacto para proporcionar información al usuario. En lugar de la inspección visual de un objeto tridimensional virtual en un monitor, una pantalla háptica permite al usuario físicamente "tocar" ese objeto. La interfaz también puede proporcionar información al usuario de otras maneras, tales como vibraciones. La industria de los videojuegos ha liderado el camino en la introducción de muchas de estas interfaces no tradicionales para el público en general. Varias tecnologías de interfaz han aumentado el realismo del juego. Una de las primeras interfaces hápticas fue el videojuego de Atari Steel

Talon, que trajo realismo orientado a helicópteros de combate, consistía en una cabina de forma de helicóptero con una silla y controles físicos que simulaban volar un helicóptero real. Las interfaces hápticas abrieron el camino para el campo de estudio de las interfaces tangibles (H. Ishii & Ishii, 2008), que se describen con más detalle en la siguiente sección, por ser de interés de la presente propuesta de investigación.

### **2.2.2. Interfaces gestuales**

Estas interfaces hacen uso de los movimientos de las manos, de la cara o partes del cuerpo como controles de entrada de un computador. Aunque están relacionadas con las interfaces hápticas, las interfaces gestuales difieren por la ausencia de un instrumento físico que media la interacción entre el usuario y la máquina. La forma más simple de las interfaces gestuales se puede encontrar en las luces activadas por movimiento que son utilizadas para ahorro de energía. Otras implementaciones comerciales de las interfaces gestuales han repuntado en los últimos años con las consolas de videojuegos, una de las pioneras fue Nintendo Wii, que a través de un control que el usuario lo llevaba en su mano detectaba gestos de ciertos deportes. Posteriormente se mejoró este concepto y apareció la consola de Microsoft, la XBOX con su sensor Kinect (Vásquez et al., 2012). Estas interfaces gestuales dieron inicio al campo de investigación de las interfaces naturales de usuario (NUI) (Díaz Rodríguez, 2015).

### 2.2.3. Interfaces de locomoción

Estas interfaces difieren de las hápticas y gestuales, en que requieren movimiento motor grueso y por lo general se ocupan de movimiento a gran escala o la navegación a través de una interfaz. Son más comunes en laboratorios de investigación, como las interfaces que usan una cinta de correr para detectar comportamiento y características de un deportista, pero también poco a poco van saliendo del laboratorio a otras disciplinas, como la natación, vuelo en parapente y otras. Este tipo de interfaces se asocian frecuentemente con simuladores de alta gama, pero la evolución de la tecnología ha permitido que ya estén presentes en el ámbito comercial las consolas de videojuegos como Nintendo Wii y Microsoft Kinect mediante controladores de movimiento del cuerpo. Este tipo de interfaces han abierto un campo de investigación denominado Exergames (J. E. Muñoz, Villada, Carlos, & Trujillo, 2013). Este campo abarca la animación digital y los juegos serios (serious games) orientados al ejercicio, los cuales pretenden estimular la movilidad del cuerpo entero mediante el uso de ambientes interactivos con experiencias inmersivas que simulan sensaciones de presencia. También este tipo de interfaces han despertado interés para solucionar problemas relacionados con las limitaciones físicas de las personas (Nugent et al., 2013).

### 2.2.4. Interfaces auditivas

Las interfaces auditivas han sido utilizadas para enviar mensajes cifrados simples a través de áreas amplias (por ejemplo, el sonido de las campanas de una iglesia o las sirenas de la policía). Las

interfaces auditivas también se han utilizado ampliamente para aumentar interfaces complejas y para repartir la carga cognitiva en las interfaces altamente visuales, en particular en advertencias. Estos tipos de interfaces auditivas son relativamente fáciles de implementar, pero requieren que el usuario sea capaz de interpretar el significado del mensaje codificado. Recientemente, las interfaces auditivas se han empleado como un sustituto de interfaces visuales más complejas, y el término “sonificación” ha sido acuñado para describir estos tipos de interfaces auditivas. En la actualidad existen interfaces para personas con discapacidad visual, que leen la información (texto) que aparece en una pantalla del computador o dispositivo móvil, entre ellos está JAWS (Job Access With Speech) y NVDA (Non Visual Desktop Access) (Cordero Felisa & García Fallas, 2013; Ferreyra et al., 2009; Kortum, 2008).

### **2.2.5. Interfaces de voz**

Las interfaces de voz (VUI, Voice User Interface, por sus siglas en inglés) son diseñadas para permitir el control de un dispositivo o aplicación mediante la interacción verbal. En los últimos años las VUI se han popularizado enormemente en parte debido a avances en las técnicas de reconocimiento e interpretación de voz. Como resultado de la gran variedad de escenarios en los que las VUI se pueden aplicar hoy en día, existen muchos modelos de interacción que, a pesar de estar todas ligadas al uso primordial de la voz como medio de comunicación entre el dispositivo y la persona. Existen interfaces en las que el usuario ejercita la voz y el dispositivo o aplicación responde ejecutando

acciones que el usuario puede ver reflejadas en un medio gráfico, textual y hasta físico. Un ejemplo es el sistema SIRI de Apple que utiliza algoritmos de reconocimiento de voz en una aplicación con funciones de asistente personal (Kortum, 2008; Nugent et al., 2013).

### **2.2.6. Interfaces olfativas**

Las interfaces olfativas típicamente se han utilizado en situaciones donde se requiere comunicación generalizada de un mensaje, pero donde interfaces tradicionales se ven obstaculizados por el medio ambiente. Por ejemplo, sistemas para advertir a los mineros de algún peligro (donde advertencias auditivas y visuales tradicionales no funcionan bien). También en algunas fábricas que existen mucha contaminación auditiva y visual se usan interfaces olfativas como una señal de alarma contra incendios. En la actualidad existen algunas iniciativas con dispositivos que contienen fragancias conectadas a un computador, si una persona en forma remota envía unas flores virtuales a otra, se desprende una combinación de los elementos químicos que simulen la fragancia de una flor (Kortum, 2008).

### **2.2.7. Interfaces gustativas**

Sin lugar a dudas, las interfaces que se basan en el sabor son una de las menos exploradas de las interfaces tradicionales. Las interfaces gustativas al igual que las olfativas tratan de simular un sabor. El sabor también se puede utilizar para transmitir información codificada, al igual que las interfaces auditivas

u olfativas. En la actualidad van apareciendo unas interfaces relacionadas, como las impresoras 3D de comida, en dónde “imprimen” un determinado alimento con base a la mezcla de uno o más ingredientes (Kortum, 2008).

### **2.2.8. Micro interfaces**

Las interfaces miniatura en la actualidad son posibles gracias a la miniaturización exitosa de componentes electrónicos. Muchas ideas han venido de series y películas de ciencia ficción, como Dick Tracy cuando utilizó por primera vez su teléfono pulsera. Un claro ejemplo son los teléfonos móviles que cada vez son más pequeños y con mayor capacidad. En este contexto también las técnicas de HCI han evolucionado para tratar de aspectos de ergonomía y uso de sistemas de navegación, ya que menús diminutos son sustancialmente diferentes, y más difícil de usar que sus hermanos más grandes (Kortum, 2008).

### **2.2.9. Interfaces cerebrales**

Una de las novedades más interesantes en las interfaces no tradicionales es el avance reciente que en la actualidad se están realizando en las Interfaces Cerebro-Computador. Esta clase de interfaz evita por completo el cuerpo musculo-esquelético humano como un mecanismo de entrada / salida, y en vez interactúa directamente con el cerebro. La interfaz que el usuario está tratando de utilizar e interpretar estas ondas cerebrales para luego realizar la acción apropiada. En la actualidad ya existen algunos dispositivos con este tipo de interfaces, por ejemplo,

la empresa de videojuegos Sega y la empresa especializada NeuroSky, lanzaron hace unos años el Eloc, un dispositivo con forma de casco Trekkie que permitía leer ondas cerebrales. Contaba con unos sensores, un giroscopio, unos captores y el software. Los sensores se encargan de recoger la información, y los captores de interpretarla (Kortum, 2008). Otro ejemplo, es el dispositivo Emotiv que utiliza un sistema de diadema con 8 electrodos que hacen contacto con la piel de la cabeza, a través del cabello de una persona.

### **2.2.10. Interfaces de Usuario Tangibles**

Una Interfaz de Usuario Tangible (TUI, Tangible User Interface, por sus siglas en inglés) es un sistema en el que un usuario interactúa con la información digital a través del medio físico. Emplea un artefacto físico como parte de sus componentes. Tales artefactos pueden ser una representación física de un objeto digital o actuar como un control para la manipulación de un objeto o información digital. La Figura 6 muestra un modelo arquitectónico de las Interfaces de Usuario Gráficas (GUI, Graphical User Interface, por sus siglas en inglés) y las TUI adaptado del modelo original propuesto por Ishii en 1997 (Hiroshi Ishii & Ullmer, 1997).



Figura 6: Modelo arquitectónico de las interfaces de usuario. En (a) Interfaces Gráficas de Usuario y en (b) Interfaces Tangibles de Usuario.

Una interfaz es el medio entre un usuario (persona física) y el contenido o información digital (bits) que se transforman en representaciones gráficas (píxeles) o sonido. En las GUI un usuario ingresa la información a través de un teclado, ratón, cámara o parlante desde el mundo físico. Esta información pasa al mundo digital, en el cual existen procedimientos informáticos que transforman la información analógica a digital. La información digital es procesada y se almacena como una representación intangible, por ejemplo, al presionar la tecla “A” se transforma a un código binario “01000001”. Este código puede generar una salida en una pantalla mediante un conjunto de píxeles que forman un gráfico que representa la letra “A” o bien un sonido que representa el fonema /a/.

En la interfaz TUI el usuario utiliza artefactos físicos para controlar la información digital. Estos artefactos pueden ser objetos físicos o dispositivos que pueden tener una propiedad de entrada y

de salida a la vez. Los de entrada se los conoce como objetos pasivos, pero si también recién alguna información se los conoce como activos. Por ejemplo, un cubo que puede tener incorporado un microsistema para enviar o recibir información hacia y desde un computador. El cubo puede enviar un código al computador, el sistema computacional realiza la representación intangible de la información y la procesa para generar una salida de un cubo virtual, en un proyector, pantalla del computador o de cualquier dispositivo móvil (H. Ishii & Ishii, 2008).

Las TUI hacen uso de la experiencia de usabilidad y habilidades de interacción háptica que los usuarios tienen con objetos del mundo real. La característica fundamental es la integración invisible entre la representación y el control; es decir que los objetos físicos son al mismo tiempo representaciones de la información y controles físicos que permiten manipular directamente las asociaciones que las subyacen (Hiroshi Ishii & Ullmer, 1997).

Shaer y Hornecker describen algunas ventajas y desventajas de las interfaces tangibles. Entre las ventajas destacan que las TUI permiten potenciar la colaboración, el aprendizaje y la toma de decisiones. La colaboración porque brindan la posibilidad de que varios usuarios interactúen simultáneamente; por otro lado, la interacción directa con los objetos, permite una mejor comprensión de la tarea, lo que propicia un espacio de aprendizaje; la posibilidad de compartir los objetos tangibles y la visibilidad de las acciones de los diferentes colaboradores fortalecen la toma de decisiones. Además, la interacción tangible está integrada en el entorno, que es un espacio real que está acostumbrado

un usuario. Esto permite la interacción dentro de un contexto. Finalmente, las interfaces tangibles acentúan la conexión entre el cuerpo y la cognición, facilitando el “pensamiento tangible”, es decir, pensar a través de las acciones físicas, manipulación física y representaciones tangibles. Una de las desventajas es el problema de escalabilidad, por un lado, la creación o adaptación de nuevos objetos tangibles puede resultar complejo en relación a costes y tiempo, a diferencia de los objetos digitales que son fáciles de crear, replicar y distribuir. Por otro lado, el espacio de interacción constituye una limitación. Algunos sistemas utilizan superficies interactivas, y si éstas son muy pequeñas no es posible interactuar con demasiados objetos, o en caso contrario si son demasiado grandes, resultará más difícil que el usuario acceda a los objetos o bien los sistemas de comunicación pueden verse limitados por el alcance de la señal. Otra desventaja de las interfaces tangibles es el proceso para cambiar las vistas o representaciones en el sistema GUI, ya que los objetos deben proveer una representación que sean lo más realista posible (O. Shaer, 2009).

En el ámbito educativo y en el de entretenimiento las interfaces tangibles han tenido un notable desarrollo en los últimos años. Esto debido a la presencia de sensores, dispositivos móviles y miniaturización de la tecnología (Guía et al., 2013). Diana Xu describe que las interfaces tangibles pueden beneficiar el aprendizaje de estudiantes de muchas maneras (Xu, 2005b):

Las TUI requieren poco tiempo para aprender a utilizar la interfaz. Las TUI proveen una interfaz natural, que requieren poco esfuerzo

cognitivo para aprender, por lo tanto, los estudiantes pueden concentrarse más en la tarea en lugar de uso de la computadora o software.

Las TUI ofrecen al usuario una forma alternativa de interacción y control que la del ambiente computacional tradicional.

Las TUI pueden ofrecer una variedad de interacciones, que permiten a los estudiantes resolver problemas con los objetos físicos concretos mediante acciones físicas, cuando existen representaciones abstractas y sintaxis más complejas, consecuentemente, la TUI pueden potenciar a los estudiantes con el control del entorno informático; permitiéndole que se empoderen de los recursos educativos para activar una mayor motivación e interés.

La TUI apoyan la actividad de “prueba y error”.

Las TUI permite la participación de más de un usuario. En este sentido, los estudiantes pueden sentarse y colaboran con sus compañeros cara a cara en una forma completamente natural.

Las TUI ofrecen a los estudiantes una experiencia social.

Las TUI permiten que los estudiantes sean más productivos cuando cooperan, por lo tanto, en comparación con un solo estudiante un grupo de estudiantes puede ser capaz de hacer una tarea más eficiente y beneficiarse más de la experiencia.

Desde el punto de vista psicológico y pedagógico, las interfaces tangibles son beneficiosas para el aprendizaje porque: la acción física es importante en el aprendizaje; los objetos concretos son importantes en el aprendizaje; los materiales físicos dan lugar a imágenes mentales que luego pueden guiar y restringir problemas en el futuro, permitiéndoles resolver problemas en

ausencia de los materiales físicos; Los estudiantes pueden crear relaciones simbólicas abstractas a partir de una variedad de casos concretos; y los objetos físicos que son más familiares son más fáciles de entender por los estudiantes que entidades más simbólicas.

En el capítulo uno, en la sección del estado del arte se describieron algunos sistemas tangibles en el campo de la Educación Especial. Se pudo evidenciar que en algunos estudios los estudiantes desarrollaron habilidades cognitivas jugando con objetos físicos, ya que ellos interactuaban de una forma “natural”. Así mismo se determinó que la manipulación directa de objetos físicos reduce el esfuerzo cognitivo en la interacción con un sistema. Estas características permitieron identificar que existe una gran potencial para ser aplicado en entornos educativos complejos (Falcão & Price, 2012; J. Tanenbaum, Tanenbaum, El-nasr, & Hatala, n.d.; Zuckerman, Arida, & Resnick, 2005). También han encontrado resultados de que estas interfaces ayudan a potenciar la colaboración entre los estudiantes y facilita el aprendizaje para la toma de decisiones, por ejemplo herramientas tangibles que facilitan el aprendizaje de programación (O. Z. Shaer, 2008; Wang et al., 2011). Dentro de procesos de alfabetización también existen investigaciones para ayudar a desarrollar habilidades de lectura mediante actividades lúdicas que activan sus capacidades sensoriales y cognitivas (Haro et al., 2012; Kleiman & Pope, 2013; O'Malley & Stanton Fraser, 2004).

En la siguiente sección se describen algunas tecnologías que se usan en los diferentes componentes de las interfaces tangibles.

### 2.3. Tecnologías de las interfaces tangibles

Como en la mayoría de sistemas de Computación Ubicua, las interfaces tangibles requieren de elementos de computación móvil y tecnologías inalámbricas. Las tecnologías inalámbricas permiten la transmisión de información desde y hacia el objeto tangible y existen un sinnúmero de ellas, tales como, Bluetooth, LAN inalámbrica, lectores y etiquetas de identificación RFID, redes de radiofrecuencia (RF), sistemas infrarrojos, sistemas de ultrasonido, sensores, seguimiento visual y auditivo. En la Tabla 9 se describen las tecnologías de las interfaces tangibles más conocidas en nuestro medio.

La identificación por radiofrecuencia RFID es una alternativa para desarrollar interfaces tangibles dado que es un sistema de comunicación que trabaja en un rango de 20 centímetros. La amplia diversidad de etiquetas disponibles en el mercado permite el uso de RFID en una amplia gama de aplicaciones. Las etiquetas RFID son los sistemas más utilizados rastreo debido a su menor coste, sobre todo a nivel de artículo. RFID emplea ya sea etiquetas activas o pasivas. Las etiquetas RFID activas tienen un alcance más amplio, pero requieren batería para proporcionar energía. Las etiquetas RFID pasivas son menos costosas, pero sólo funcionan en una distancia corta pasiva (menor a 20 cm.). Varias frecuencias también están disponibles y la distancia de lectura de un sistema RFID pasivo depende del tipo y el tamaño de las etiquetas (Nugent et al., 2013).

**Tabla 9: Información general de rangos de cobertura de tecnologías de TUI.**

<b>Sigla</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cobertura</b>
RFID	Radio Frequency IDentification (Identificación por radiofrecuencia)	0 - 12 cm.
NFC	Near Field Communication (Comunicación de campo cercano)	0 - 3 cm.
Active RFID	Sistema de Identificación por radiofrecuencia activo	0 - 400 cm.
Bluetooth	Tecnología de comunicación entre dispositivos de corto alcance	0 - 10 m.
UWB	Ultra-wide-band (Banda ultra ancha)	0 - 10 m.
Zigbee	Comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital	0 - 70 m.
WIFI	Wireless Fidelity (fidelidad sin cables). Comunicación inalámbrica para conexión a Internet.	0 - 100 m.
WIMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access (interoperabilidad mundial para acceso por microondas)	0 - 48 km.
QR	Quick Response code (código de respuesta rápida). Es una matriz de puntos o en un código de barras bidimensional	0 - 5 cm.
Barcode	Código de barras con combinación de letras o de números que identifican un producto.	0 - 5 cm.

HCCB	High Capacity Color Barcode (Código de barras de color de alta densidad). Desarrollado por Microsoft para crear un código de barras bidimensional	0 - 20 cm.
Beacons	Dispositivos basados en tecnología Bluetooth de bajo consumo, que emiten una señal que identifica de forma única a cada dispositivo.	0 - 50 m.
IR	Infra-red(IR), Sensor infrarrojo de proximidad y distancia	0 - 80 cm.
RFID Tag	Etiqueta compuesta por un chip que almacena un código reconocido por una antena RFID	0 - 5 cm.

Fuente: Recopilación realizada por el autor

En la Figura 7 se muestra un esquema de funcionamiento de un sistema RFID.

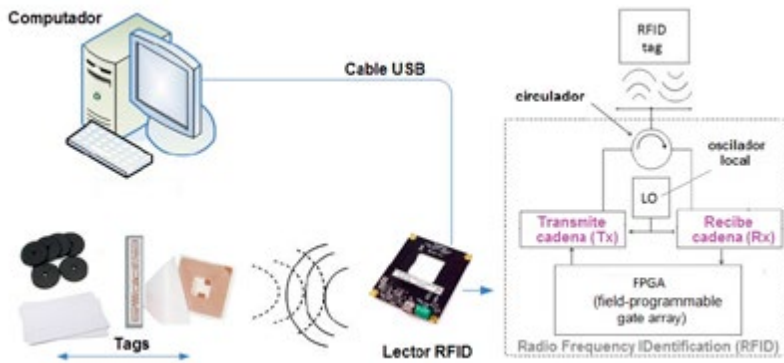


Figura 7: Funcionamiento de un sistema de comunicación RFID.

RFID es un sistema de comunicación que consta de un transpondedor o etiqueta y un interrogador o lector. El formato para el intercambio entre el interrogador y el transpondedor es un

conjunto de comandos que solicita que el transpondedor realice un conjunto de acciones como transmitir o recibir una cadena de información. Las especificaciones de estos comandos varían de un estándar a otro.

Tomando en cuentas la limitación en ciertas habilidades motoras y de precisión de estudiantes con necesidades educativas especiales, la tecnología es una alternativa potencial a diferencia de otros sistemas de comunicación como NFC, Bluetooth, códigos QR o códigos de barra. También por su bajo costo, ya que cada etiqueta o tag pasiva no supera \$1.00.

## **2.4. Métodos de evaluación en HCI**

En esta sección se describen algunas técnicas de evaluación de sistemas en el campo de HCI. Dado que en el proceso de diseño de las interfaces de usuario se toma en cuenta los eventos generados por dicho usuario, en HCI se acuña el término diseño centrado en el usuario. El diseño centrado en el usuario se ha convertido en los últimos años en un aspecto importante del desarrollo de aplicaciones de software. Se considera como el proceso desarrollado para diseñar los productos de software que responden a las necesidades y expectativas de los usuarios. El diseño centrado en el usuario es una filosofía de diseño, que desde un punto de vista técnico considera un conjunto de métodos y técnicas de diseño dirigidos por la información de las personas que van a usar el producto de software. En este escenario intervienen el usuario, el artefacto, el contexto y la interacción, como muestra la Figura 8.

Ortíz describe los elementos que intervienen en la experiencia del usuario de la siguiente manera (Ortíz, 2003): Un usuario se refiere a cualquier persona que interactúa con un artefacto o producto, es decir seres humanos, quienes tienen necesidades, aspiraciones y se desenvuelven en un contexto. La experiencia de usuario no es una propiedad de un objeto, es la evaluación, juicio, y valoración (agradable/desagradable) global, subjetiva y consciente resultado de la interacción usuario-artefacto, la cual ocurre en un contexto y tiempo determinados. Por lo tanto, depende de las características físicas y psicológicas que las personas aportan a dicha interacción.

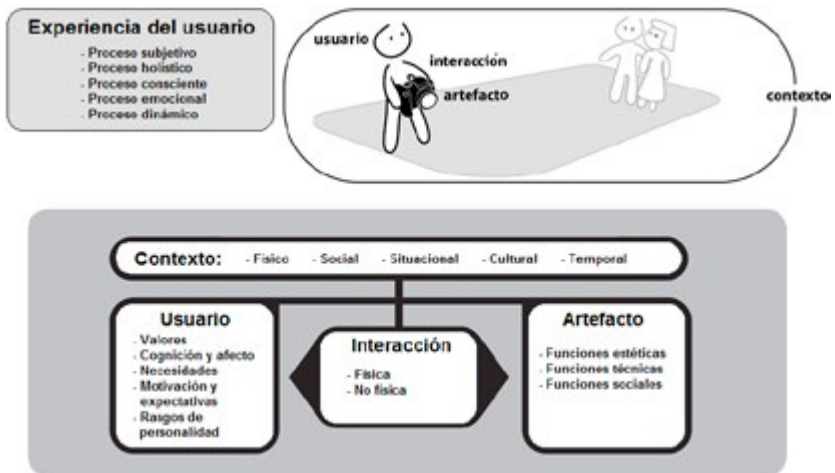


Figura 8: Metodología de evaluación centrada en la experiencia del usuario.

La interacción es el término que ilustra la relación entre el usuario y el artefacto de forma precisa. La interacción es distinta de la actividad, tarea, o acción. Una actividad se describe cómo hacer

para transformar algo, por ejemplo, la actividad del fotógrafo puede transformar nuestra perspectiva del mundo; una tarea implica completar una labor, tal como, escribir un texto; Por otro lado, una acción no implica necesariamente reciprocidad, como si la hay en la interacción, si se da clic al botón y la cámara reacciona y se activa para tomar una foto. Así, la interacción es la acción que se ejerce recíprocamente entre el usuario y un artefacto; es un medio que ayuda a cumplir un fin.

El campo de interés en el área de la experiencia para especialistas en diseño es el producto/artefacto, y se entiende como un objeto creado por el ser humano que cumple funciones instrumentales y no instrumentales, p.ej. simbólicas y estéticas. Las funciones instrumentales están relacionadas con lo que el producto está destinado a hacer, capturar fotografías y grabar video son las funciones instrumentales de una cámara digital. Las funciones simbólicas dependen de la comprensión colectiva y el acuerdo de las personas (agentes) que componen una comunidad.

En el contexto, los usuarios no sólo son influenciados por el producto con el que interactúan sino también por el contexto en el que se desarrolla dicha interacción: el lugar y momento, entre otras cosas. El contexto, por lo tanto, es otro elemento que impacta en la experiencia de uso. El contexto físico es el lugar donde ocurre la interacción e incluye aspectos como el espacio, la temperatura, iluminación, por mencionar algunos. El contexto sistémico. Los productos no son objetos aislados, hay una relación entre ellos: una cámara digital está relacionada con otros artefactos como computadoras y televisores. Entender

el sistema en el que está inmerso el producto pueda ayudar a detectar oportunidades para mejorar la experiencia de usuario. El contexto social se refiere al impacto que tiene la presencia de otras personas, amigos, desconocidos, o familiares en la experiencia. El contexto cultural se refiere al impacto de la cultura que tiene por sí misma en la experiencia del usuario, por ejemplo, los valores, el idioma, o normas. Por supuesto, diferentes valores –lo que es importante para las personas– influye en cómo cada persona experimenta los productos. El contexto situacional se refiere al rol que tiene la situación en la que las personas se encuentran al experimentar un producto. Dos situaciones son estar tenso o relajado, si la persona está en una situación tensa, es probable que le cueste más trabajo lidiar con problemas de usabilidad de un producto. Por el contrario, si la persona está en estado de relajación, probablemente se dará el tiempo para buscar opciones y superar el problema de usabilidad. El contexto temporal, se refiere al momento en el que se vive la experiencia.

En el proceso de diseño centrado en el usuario y la experiencia del usuario se pueden identificar tres fases importantes, el diseño, implementación y evaluación de sistemas interactivos en el contexto del usuario. Uno de los primeros pasos en el diseño es la validación de ideas y para estos existen algunos métodos que se describen a continuación (Saffer, 2007):

Prototipos de baja fidelidad (low-fidelity prototypes): prototipos en papel, modelos digitales, historias (storyboards).

Prototipos en video, aunque requieren más esfuerzo permiten una mejor comunicación de la idea que se propone desarrollar.

Prototipado rápido usando herramientas de prototipado disponibles

“Wizard of Oz” es una actuación del sistema que permite al usuario final entender el comportamiento del mismo mediante una simulación de la experiencia.

Una vez que una idea es validada se continúa con la fase de implementación, en la cual se siguen las etapas del proceso de desarrollo de sistemas informáticos, que se describieron anteriormente en la sección de interacción humano computador (Dix et al., 2004).

La evaluación es parte integral del proceso de diseño y de la implementación. Los evaluadores recogen información sobre la experiencia de usuarios o potenciales usuarios en la interacción con un prototipo, una aplicación, un sistema informático o un componente de un sistema informático. Lo hacen con el fin de mejorar su diseño o prototipo. La evaluación se centra tanto en la facilidad de uso del sistema (por ejemplo, lo fácil que es aprender y usar) y en la experiencia de los usuarios al interactuar con él (por ejemplo, cómo fue la satisfacción, o que tan agradable y motivacional es la interacción) (Díaz et al., 2013).

Los dispositivos como los teléfonos inteligentes, tabletas, iPods, iPads, y otros dispositivos móviles han aumentado la conciencia acerca de la usabilidad, pero un error común de los diseñadores es que suponen que, si ellos y sus colegas pueden utilizar un producto y les resulta atractivo, otros lo harán también. El problema con esta hipótesis es que los diseñadores pueden

diseñar solamente para sí mismos. En este sentido la evaluación les permite comprobar que su diseño es apropiado y aceptable para la población de usuarios en otro contexto (Ortíz, 2003).

Existen diferentes métodos de evaluación que se usan dependiendo de los objetivos de la evaluación. Las evaluaciones pueden ocurrir en una variedad de lugares como laboratorios, casas, al aire libre y lugares de trabajo. Las evaluaciones por lo general implican la observación de los participantes y la medición de su desempeño con pruebas de usabilidad, experimentos o estudios de campo. Hay otros métodos, que no se involucran a participantes, y se estudian comportamientos en modelados de interacción social. Estos tienden a ser aproximaciones de lo que los usuarios pueden hacer al interactuar con una interfaz. Esto se hace a menudo como una forma rápida y barata de evaluar diferentes configuraciones de interfaz (Preece, Sharp, & Yvonne, 2015).

El nivel de control dentro del proceso de evaluación puede variar, a veces no se necesita mayor control, como en los estudios de campo, y en cambio en otros hay un control considerable como en los experimentos, en los cuales puede haber tareas complejas en un determinado contexto, por ejemplo, el contexto de interés de la presente propuesta, que trata de la evaluación de la interacción en el proceso de alfabetización de estudiantes con discapacidad intelectual.

La interacción es medida por la usabilidad de un sistema, en dónde usabilidad se refiere al grado en que un producto puede

ser utilizado por los usuarios especificados para alcanzar los objetivos especificados con efectividad, eficiencia y satisfacción en un determinado contexto de usuario. La usabilidad mide la calidad de la experiencia del usuario al interactuar con un producto o sistema, en este proceso se pueden determinar métricas, tales como, facilidad de aprendizaje, eficiencia de uso, frecuencia de los errores, grado de satisfacción y otros (Kortum, 2008; Preece et al., 2015; Saffer, 2007). Una de las técnicas con las que se puede medir la usabilidad es la denominada Thinking aloud (pensando en voz alta), que consiste en un uno de los métodos más frecuentemente aplicado en pruebas de usabilidad basada en laboratorio. Se le pide al usuario hablar sobre sus pensamientos y sentimientos que vienen a su mente durante la interacción con el sistema. Este método ofrece una retroalimentación directa sobre las interpretaciones de usuario y motivaciones en referencia a los elementos de la interfaz y las tareas. Una de las desventajas de éste método es que si participan varios usuarios ser prolonga el tiempo de ejecución y puede reducir la concentración en la realización de tareas, debido al esfuerzo verbal adicional (Preece et al., 2015).

## Capítulo 3

### 3. LECTURA INICIAL EN ESTUDIANTES CON SÍNDROME DE DOWN

La alfabetización comprende el desarrollo de habilidades para hablar, escuchar, leer, escribir y hacer cálculos (UNESCO, 2008). La lectura es una de las habilidades cruciales que una persona con discapacidad intelectual debe desarrollar para resolver problemas en la vida cotidiana por sí misma (Buckley, 2000). El desarrollo de esta habilidad empieza en los primeros años de edad con el aprendizaje del lenguaje en el hogar y posteriormente en la escuela de una manera más formal. Este proceso es lo que se conoce como lectura inicial y se lo aborda en este capítulo, como parte del contexto de aplicación en la población con síndrome de Down.

La atención temprana de carácter lingüístico se percibe como una acción de la máxima importancia para evitar que se obstaculicen los procesos comunicativos de los estudiantes y sus posibilidades de participación escolar y social. Por ello, se han elaborado numerosos programas de lenguaje para facilitar el desarrollo temprano de las habilidades lingüísticas infantiles; sin embargo, son muy escasos los programas que han sido evaluados experimentalmente con estudiantes con síndrome de Down (Gallego Ortega, Gómez Pérez, & Ayllón Blanco, 2016).

Cada estudiante con síndrome de Down tiene sus características propias que es preciso conocer lo mejor posible: su nivel cognitivo,

su capacidad de atención, percepción, concentración y memoria, su comprensión verbal y sus intereses personales. Todo ello son cuestiones fundamentales para determinar cuándo, cómo y con qué expectativas se empieza la enseñanza – aprendizaje (Troncoso & Flóres, 2011).

En la sección 3.1, se describe el proceso, prerrequisitos, requisitos y dificultades de la lectura inicial. En la sección 3.2, se profundizan las características de los estudiantes con Síndrome de Down y sus diferentes aspectos cognitivos, psicológicos y sociales. En la sección 3.3, se presentan dos métodos de lectoescritura para estudiantes con necesidades intelectuales diferentes.

### **3.1. Lectura Inicial**

El aprendizaje del lenguaje oral y escrito resulta de vital importancia en los primeros años de escolaridad para su proyección en diversos ámbitos de la vida de las personas. La lectura inicial se refiere al aprendizaje que un niño o niña realiza al comenzar su escolaridad (De la Cruz, 1979). Bravo, se refiere como “etapa de lectura inicial” al período del desarrollo personal y cultural en el cual los estudiantes toman conocimiento del lenguaje escrito e inician su proceso de aprendizaje. Manifiesta que este período consta de varios estadios que se inician con una etapa prelectora, que algunos identifican con una lectura logográfica, hasta llegar a una etapa de lectura y de escritura alfabético-comprensiva (Bravo, 1995). Cuetos por su parte no se refiere directamente al término de lectura inicial, sin embargo, habla de un sistema lector que se debe desarrollar desde la etapa escolar (Cuetos Vega, 2008, p. 169).

Una de las primeras tareas a la que los estudiantes se enfrentan durante el aprendizaje de la lectura es la de conseguir identificar las letras que componen el alfabeto castellano y aprender el sonido que corresponde a cada una de ellas. Carpio coincide que en el idioma castellano el código ortográfico es alfabético, en este sentido cada símbolo que representa una letra es un grafema, y cada una de ellas o su secuencia representa un fonema, esto quiere decir un sonido específico. El conocimiento de las relaciones entre cada letra con su sonido es la base del mecanismo de recodificación fonológica, necesaria para desarrollar la lectura (Carpio, 2012).

Los estudiantes con síndrome de Down aprenden bien la mecánica lectora, pero preocupa que este aprendizaje no sea paralelo al avance en la capacidad de comprensión, y eso sea motivo de retraso o incluso desánimo en el ejercicio gratificante de la lectura (Troncoso & Flóres, 2011). Por esta razón algunos autores indican que primeramente es necesario reforzar al estudiante con ciertas habilidades como prerrequisitos al proceso de lectoescritura (Cabeza, 2008; Carpio, 2012; Martínez, 1997; Pedraza & Acle, 2009; Ramos, 2004).

### **3.1.1. Prerrequisitos**

Si a un estudiante con síndrome de Down se le va a exigir un esfuerzo sensorial y cognitivo, la primera condición es que el estudiante se encuentre bien de salud, que no esté cansado ni hambriento, manifiestan Troncoso y Flores. Además, como segunda condición indican que el alumno se encuentre a gusto

con la persona que va a guiarle en su aprendizaje (Troncoso & Flóres, 2011).

Los estudios sobre los prerrequisitos básicos para conseguir la “madurez lectora” han ocupado un lugar de privilegio en la literatura dedicada al tema. Los resultados obtenidos han interesado sobre todo al profesorado de educación infantil y de Educación Especial, preocupados porque su alumnado esté bien preparado para afrontar con éxito el aprendizaje de la lectoescritura (Ramos, 2004).

De la Cruz indica que esta etapa de aprendizaje y adquisición de la lectura está influenciada por varios factores, tales como: el lenguaje oral, el conocimiento del vocabulario, la orientación espacio temporal, la función simbólica, la conjunción de sonidos, la rotación de letras, la omisión, los agregados y las disociaciones (De la Cruz, 1979). Bravo por su parte, se refiere al aprendizaje de la lectura inicial como el conocimiento de letras, la ortografía, la escritura inicial y el proceso mismo de leer y que se necesitan prerrequisitos para el aprendizaje de la lectura como proceso de decodificación. El aprendizaje de la lectura exige tener desarrollados aspectos fonológicos, lingüísticos y cognitivos. El desarrollo se logra con entrenamiento (Bravo, 1995).

Es importante acotar, que cada estudiante tiene sus características propias: nivel cognitivo, capacidad de atención, percepción, concentración y memoria, comprensión verbal e intereses personales; cuestiones esenciales para determinar cuándo, cómo y con qué expectativas se empieza la enseñanza – aprendizaje (Troncoso & Flóres, 2011).

### 3.1.2. Requisitos

Son requisitos, el desarrollo de la conciencia fonológica o capacidad de conversión de grafemas a fonemas, el desarrollo de representaciones léxicas adecuadas y la rima (terminación con el mismo sonido), la aliteración (comienza con el mismo sonido), la memoria semántica y la memoria operativa (Bravo, 1995). Rueda define el conocimiento fonológico como “la capacidad que tiene una persona para operar explícitamente con los segmentos de la palabra... está constituido por diversos niveles o componentes: el conocimiento de la rima, el conocimiento silábico, el conocimiento intrasilábico y el conocimiento segmental o a nivel de fonema” (Mercedes I Rueda, 1995).

La conciencia fonológica es una habilidad Metalingüística que nos posibilita manipular y reflexionar sobre los aspectos estructurales, del lenguaje hablado. Existen diversos aspectos estructurales del lenguaje hablado (los aspectos sintácticos, semánticos, pragmáticos, etc.) Uno de los aspectos estructurales del lenguaje oral son los Aspectos Fonológicos. Cuando el niño o niña es capaz de tomar conciencia sobre este aspecto específico del lenguaje se habla de Conciencia Fonológica. Se sostiene que existen diversos niveles de conciencia fonológica dependiendo de la estructura lingüística con el cual se realiza este procesamiento metalingüístico. Al parecer este dominio se va alcanzando en la medida que el estudiante va apropiándose evolutivamente del lenguaje oral. (Treiman y Zukowski, 1991) sostienen la existencia evolutiva de la Conciencia Fonológica. Afirman que el estudiante empieza por tener un nivel de conciencia silábica, después un

nivel de conciencia intrasilábica y finalmente un nivel de conciencia fonémica Cabeza (2009). La conciencia fonológica tiene 4 niveles: léxica, rima, silábica y fonética.

### **3.1.2.1. Conciencia léxica**

La conciencia léxica se refiere a la habilidad que tienen los estudiantes para manipular las palabras como unidades mínimas con significado que componen las oraciones. Es decir, la habilidad para identificar las palabras que componen las frases y manipularlas de forma deliberada. Un ejemplo de tarea de este tipo sería preguntar cuántas palabras hay en una frase dada (en “Mi abuela me regaló un anillo” hay seis) (Carpio, 2012).

En este nivel se relaciona a las palabras como subunidades del lenguaje hablado. El proceso léxico comienza una vez identificadas las letras que componen la palabra, y está centrado en reconocer la información que aporta esa palabra (Ramos, 2004). Para desarrollar esta habilidad, el profesorado utiliza ejercicios de reconocimiento de una palabra, contar palabras, omisión de la palabra inicial, ejercicio de contar, comparación de número de segmentos, introducción de palabras funcionales, segmentar la palabra inicial, inversión de palabras, segmentación de la primera palabra, palabra cambiada, palabra añadida y palabra. Estos ejercicios se resumen en tres pasos básicos que Carmen Silva propone para trabajar Conciencia Léxica en prelectores (Silva, 2014a):

Explicar lo que es la palabra e intentar que aprenda a identificarlas en oraciones cada vez más largas.

Una vez comprendido el concepto de palabra y trabajada la identificación de estas, se comienza con la fase de conteo

Para afianzar la identificación y proceder a la manipulación de palabras se pueden realizar ejercicios de omisión, sustitución, adición e identificación de posición de palabras.

### **3.1.2.2. Conciencia rítmica**

La conciencia rítmica o sensibilización a la rima es el primer nivel del conocimiento fonológico que adquiere un estudiante y se alcanza cuando este es capaz de descubrir que dos palabras comparten un mismo grupo de sonidos. Para desarrollar la sensibilidad a la rima es fundamental tener en cuenta que lo que se va a comparar es la última parte de la palabra desde la vocal en la que recae el acento y no la última sílaba de la palabra. Algunos autores defienden que este conocimiento mejora la conciencia fonológica y facilita el posterior desarrollo lector. Además, ciertos estudios afirman que la baja sensibilidad a la rima puede ser considerada un factor de riesgo, al presentarse en un alto porcentaje de estudiantes con dificultades específicas de la lectoescritura (Silva, 2014a). La autora propone para trabajar Conciencia Rítmica tres pasos:

Explicar cuando dos palabras riman porque coinciden en las últimas letras, trabajar la sonoridad de la rima poniendo ejemplos y exagerando la pronunciación.

Una vez comprendido el concepto de rima y trabajado algunos

ejemplos, se comienza a trabajar con la discriminación de palabras que riman o no riman.

Para afianzar la conciencia de la rima y una vez que el estudiante sabe discriminar palabras que riman o no, se pueden realizar varios juegos, por ejemplo, seleccionar parejas de imágenes cuyos nombres riman.

Fernández y colaboradores citan la propuesta de Kumin (2001) sobre algunos ejemplos de tareas que sirven para entrenamiento fonológico en estudiantes con síndrome de Down (Fernández-Lozano, M. PazPuente-Ferreras & Ferrando-Lucas, 2011):

**Estímulos fonéticos iniciales:** Se proporciona el primer sonido de la palabra. Por ejemplo, si se quiere que el estudiante pronuncie la palabra “Colonial”, se pronuncia “K, K, K”, como estímulo fonético inicial.

**Palabras-estímulo que riman:** Se presenta al estudiante una palabra-estímulo que rima con otra, con el propósito de ayudar a que el estudiante recuerde la palabra. Por ejemplo, la palabra-estímulo es “Ana”, y el estudiante tiene que decir “La rana es amiga de\_\_\_\_\_”.

**Para Palabras-estímulo asociadas:** Se sugiere una palabra conectada de alguna manera al significado de otra palabra. Por ejemplo, se puede decir “Lápiz y \_\_\_\_\_”, con la idea de ayudar al estudiante a asociar significados se le presenta la palabra-estímulo “Papel” para que complete la frase.

**Palabras-estímulo en secuencia:** Se ofrece una palabra-estímulo que podría aparecer en una secuencia. Esta actividad es parecida a la tarea de completar preguntas, por ejemplo, se plantea

la palabra “teléfono” y a continuación la secuencia para ser completada “Habla por\_\_\_\_\_”.

Estímulos visuales: Pueden ser varios, por ejemplo, estímulos pictóricos (un dibujo o una fotografía se asocia con la palabra o la imagen del objeto). Estímulos en color para facilitar el aprendizaje (usar materiales con diferentes colores para señalar lo que hay que destacar en una tarea de estudio; usar marcadores fluorescentes, etc. para asistir al estudiante en la tarea de aprendizaje)

Estímulos gestuales: Usar una señal manual o un apuntador como señal que puede evocar la palabra o el concepto; por ejemplo, levantar un dedo como señal de silencio o mantener levantadas las dos manos para solicitar ayuda

### **3.1.2.3. Conciencia silábica**

La conciencia silábica se refiere a la habilidad para segmentar las palabras en sílabas. Dioses se refiere como “el conocimiento explícito de que las palabras están formadas por una secuencia de unidades fonológicas discretas, cuya característica definitoria es la de construir unidades articulatorias” (Dioses, et al., 2006, p.11). Este nivel se comienza trabajando con las vocales en posición silábica, para pasar posteriormente a la manipulación de sílabas (vocal + consonante / consonante + vocal) con actividades como reconocimiento de sílaba vocálica inicial, por ejemplo, el juego del “Veo.veo”, contar sonidos vocálicos, segmentación de la primera o última sílaba, ejercicio de rimas, tren de palabras, juego de añadir sílabas al final, segmentación de sílabas en medio de palabra, inversión de sílabas, comparación de segmentos silábicos al inicio de palabra, buscar láminas que tengan el mismo sonido

silábico inicial y unir segmentos silábicos (Cabeza, 2008). Otro ejemplo, es enseñarle al estudiante una lámina de un elefante. Se le pregunta qué es. Contesta “un elefante”. La maestra repite alargando la primera sílaba: “eeelefante”. Posteriormente, se le pide al estudiante que diga cosas que empiecen por /eee/. Si no hay respuesta se le dan ejemplos.

Silva indica que la conciencia silábica es la capacidad de identificar, segmentar y manipular las sílabas de una palabra sin que intervenga la lectura ni la escritura. Según la autora se trabajan los siguientes niveles (Silva, 2014b):

- *Síntesis silábica.*
- *Segmentación y conteo*
- *Identificación y comparación de sílabas*
- *Omisión*
- *Sustitución*

### **3.1.2.4. Conciencia fonémica**

La conciencia fonémica se refiere a la habilidad de escuchar, identificar y manipular los fonemas. Tiene como requisito haber tomado conciencia de que para decodificar las palabras escritas hay que transformar las letras en sonidos asociados con el propio lenguaje oral. Para ejercitar la reflexión sobre el fonema, se plantean ejercicios como el juego onomatopéyico, juego con nombres de niños y niñas, reconocimiento de sonidos al principio de palabra, reconocimiento de sonido fonémico, segmentación fonémica, ejercicio de añadir fonemas, ejercicios de contar

segmentos fonémicos, reconocimiento del sonido inicial, inversión de segmentos fónicos, comparación de segmentos fónicos, reconocimiento de fonemas, añadir segmentos fonémicos y unir segmentos fonémicos (Bravo-Valdiviezo, 2000; Cabeza, 2008).

La repetición de palabras se considera una tarea de exploración de la memoria de trabajo fonológica o memoria verbal a corto plazo. Para realizar esta tarea se necesitan distintos procesos cognitivos como: discriminación de la señal acústica, transformación de la secuencia acústico-fonética en sus fonemas constituyentes, codificación de la información acústica en una representación fonológica, permanencia en la memoria de trabajo, por último, planificación y ejecución de la respuesta oral (Pérez, Mendoza, Carballo, Fresneda, & Muñoz, 2012).

### 3.1.3. Proceso

Según Cuetos, “el objetivo de la enseñanza de la lectura es que los estudiantes desarrollen ese sistema lector de la forma más rápida y eficaz posible. Pero no se trata de una tarea fácil, ya que el sistema lector tiene muchos componentes, todos los cuales deben funcionar de una manera eficiente y sincronizada, sino que el aprendizaje de la lectura es una actividad compleja que requiere mucho tiempo, no en vano se extiende a lo largo de toda la escolaridad” (p.168) (Cuetos Vega, 2008).

Cuetos pone de manifiesto que “El aprendizaje de las reglas de conversión grafema-fonema es una tarea que puede resultar aburrida y poco motivadora, ya que requiere asociar una serie de

signos gráficos con unos sonidos entre los que no existe ningún tipo de relación”. (Cuetos Vega, 2008, p.170).

(Cuetos Vega, 2008, p.174) y (Carpio, 2012, p. 22) hacen referencia al Modelo Evolutivo propuesto por el investigador Uta Frith, quién que ha investigado en profundidad el aprendizaje de la lectura en los estudiantes ingleses (Uta Frith, 1985). Este modelo está compuesto por tres etapas: Logográfica, Alfabética y Ortográfica.

En la Etapa Logográfica un estudiante que está empezando el proceso de lectura ya es capaz de reconocer un pequeño grupo de palabras familiares. Estas palabras las reconoce globalmente valiéndose de la forma de su contorno (longitud, rasgos ascendentes y descendentes o la letra inicial). El contexto en el que aparecen pueden ayudar a la identificación de estos símbolos logográficos, sin haber aprendido aún el código correspondiente para su descifrado, por ejemplo, carteles del ambiente: DAMAS, CABALLEROS, ABIERTO, CERRADO, ENTRADA, SALIDA entre otros. No es una lectura literal, pero accede a su significado reconociendo la palabra globalmente, como si se tratara de un dibujo; si cambiara la tipografía de esa palabra no podría reconocerla (Carpio, 2012; Cuetos Vega, 2008).

En la Etapa Alfabética un estudiante aprende a segmentar las palabras en las letras que las componen y a establecer la correspondencia entre las letras y los sonidos para formar palabras y frases. Además, el estudiante tiene que llegar a darse cuenta de que los sonidos siguen un orden determinado en cada

palabra, esto es, aunque las palabras «pato», «pota» o «tapo» están formadas por los mismos grafemas, y en consecuencia por los mismos fonemas, el orden de pronunciación es distinto. Esta etapa es crucial en el aprendizaje de la lectura porque implica el uso del mecanismo de correspondencia grafema-fonema que es el que permite convertir el segmento ortográfico en fonológico para poder identificar palabras no familiares o incluso pseudopalabras (Carpio, 2012; Cuetos Vega, 2008).

En la Etapa Ortográfica un estudiante aprende a reconocer directamente un buen número de palabras sin tener que ir traduciendo cada uno de sus grafemas en fonemas. De esta manera va ampliando su vocabulario a medida que el estudiante conoce nuevas palabras y las va almacenando en su memoria mediante un proceso léxico ortográfico de entrada, que es el que permite reconocer y reproducir las palabras de forma directa y rápida, sin tener que realizar la conversión letra-sonido (Carpio, 2012; Cuetos Vega, 2008).

#### **3.1.4. Dificultades**

El aprendizaje de la lectoescritura no es una tarea simple y sencilla. Por el contrario, requiere de un complejo proceso de construcción de diferentes conocimientos y habilidades. Se considera como factores especialmente importantes la comprensión auditiva, la comprensión visual y la discriminación visual (De la Cruz, 1979). De acuerdo a Cuetos, el aprendizaje de las reglas de conversión grafema-fonema es una tarea que puede tener ciertas dificultades, ya que requiere asociar una serie de signos gráficos con unos

sonidos entre los que no existe ningún tipo de relación. La relación entre las letras y sus fonemas correspondientes es totalmente arbitraria en el sentido de que no existe ningún indicio en las letras que indique cómo deben pronunciarse (¿por qué la letra «t» tiene que pronunciarse /t/ y no /m/?) (Cuetos Vega, 2008).

Los estudiantes con síndrome de Down tienen serios problemas con muchas áreas auditivas. Aspectos auditivos tales como discriminar sonidos, reconocer sonidos fuera de las palabras, mezclar sonidos para construir palabras, silabear y reconocer si dos palabras riman. Todas estas tareas resultan muy difíciles para los estudiantes y adolescentes con síndrome de Down (Fernández-Lozano, M. PazPuentes-Ferreras & Ferrando-Lucas, 2011).

En este sentido, el profesorado tiene que crear andamiajes para ayudar a desarrollar estas habilidades lectoras, es decir, intentar facilitar el camino mediante estrategias para motivar a los estudiantes hacia la lectura y la escritura. Por otro lado, el ambiente familiar, influye directamente en el proceso de lectoescritura, los estudiantes tienen que ver cómo sus padres y hermanos se entretienen y divierten cuando leen y comentan lo leído.

Si bien es cierto, que se pueden encontrar ciertas dificultades en los estudiantes regulares, con más razón en estudiantes con discapacidad intelectual, como el síndrome de Down. Troncoso concuerda que la atención, la percepción y la memoria visuales son puntos fuertes que, además, mejoran claramente con un trabajo sistemático y bien estructurado. Sin embargo, tienen dificultades importantes en la percepción y memoria auditivas que, con frecuencia, se agravan por problemas de audición

agudos (gripes o infecciones) o crónicos. Por esta razón, la utilización de métodos de aprendizaje que tengan un apoyo fuerte en la información verbal, en la audición e interpretación de sonidos, palabras y frases, no es muy eficaz. Si esos métodos además exigen del alumno una respuesta verbal, la emisión de un sonido, una palabra o una frase, la tarea se complica aún más para el alumno con síndrome de Down. Si por el contrario, se le presentan estímulos visuales, dándole una información breve, clara y concreta, pidiendo respuestas gestuales o motoras, las probabilidades de éxito son más altas (Troncoso & Flóres, 2011). A continuación, se profundizan algunas características de estudiantes con síndrome de Down.

### **3.2. Características de un estudiante con síndrome de Down**

La condición de síndrome de Down es una alteración genética que se produce en una persona por la presencia de un cromosoma extra. Es decir la presencia en sus células de tres cromosomas 21 en lugar de un par, por esta razón también se llama trisomía 21 (Buckley, 2000). Las características del síndrome de Down fueron descritas por primera vez por John Langdon Down en 1866, y concluyó que éstas varían notablemente, de una persona a otra, incluso, es posible que las diferencias entre esta población sean mayores que las que existen entre la población general. Sin embargo, desde esa fecha hasta la actualidad se han producido grandes avances en los diferentes campos de la investigación y han permitido identificar ciertas características generales de una persona con síndrome de Down.

La referencia para el análisis es el desarrollo normal. Estos niños y niñas van a tener un desarrollo más lento, sus características y ritmos de aprendizaje serán a menudo diferentes en determinados aspectos, tales como memoria, atención o lenguaje. Sin embargo, su desarrollo en otros aspectos está ligado a su edad cronológica (curiosidades, intereses, necesidades...) por lo que no deben ser comparados con estudiantes más jóvenes, aunque sus edades mentales, medidas a través de tests estandarizados, sean equivalentes (Martínez, 1997).

Un aspecto fundamental para el desarrollo de la lectoescritura en estudiantes con síndrome de Down, es el material educativo que se emplea en el proceso, incluyendo las tecnologías de apoyo a la enseñanza; el cual debe considerar las características principales en el proceso de aprendizaje de esta población. Entre dichas características se destacan: aprendizaje más lento, comparado al de las personas con desarrollo normal; requieren mayor número de ejemplos del concepto enseñado; aprenden mejor cuando se utilizan métodos visuales; algunos requieren el apoyo de profesionales en pedagogía terapéutica y audición; presentan problemas para mantener la atención, entre otras (Tangarife, Blanco, & Díaz, 2016).

De acuerdo a la Fundación John Langdon Down A.C.<sup>1</sup> las características en el campo de desarrollo de un estudiante con síndrome de Down, las divide en: lenguaje, motivación, atención, percepción, memoria, motricidad, inteligencia, personalidad, conducta y sociabilidad.

---

<sup>1</sup> Foundation John Langdon Down [http://www.fjldown.org.mx/sindrome\\_de\\_down/como\\_afecta\\_al\\_desarrollo/como\\_afecta](http://www.fjldown.org.mx/sindrome_de_down/como_afecta_al_desarrollo/como_afecta)  
<http://educ-infantil-divers.webnode.es/news/a1-3-caracteristicas-educativas/>

### 3.2.1.Lenguaje

El lenguaje es una de las áreas de desarrollo con mayores problemas, ya que tienen dificultad para dar respuestas verbales y tienden a dar respuestas motoras, tales como gestos, y señas. La comunicación se ve limitada no sólo por sus dificultades para la simbolización y representación, condicionadas por su capacidad intelectual, sino también por aspectos relacionados con la capacidad para emitir y articular palabras, debido a problemas en la respiración y en la motricidad buco facial. De acuerdo a (Angulo, Gijón, Luna, & Prieto Inmaculada, 2015) los estudiantes con síndrome de Down presentan mejor capacidad de lenguaje comprensivo que expresivo. Revelan que ellos tienen claro lo que quieren decir, pero les cuesta trabajo expresarlo. También recomiendan que el profesorado debe animar a los estudiantes a hablar, y no adivinarles el pensamiento y evitar pensar que como no hablan, tampoco entienden. Se presentan limitaciones en la adquisición del simbolismo y en la manipulación de distintos símbolos o códigos (Martínez, 1997).

De acuerdo a (Pérez et al., 2012) los estudiantes con síndrome de Down se encuentran más desfavorecidos en el ámbito del lenguaje que otros estudiantes con distinto tipo de discapacidad intelectual. Esto se debe a que presentan retraso en el desarrollo y dificultades en varias áreas, específicamente, a nivel cognitivo existe una alteración en la memoria verbal a corto plazo.

Para explorar esta problemática los investigadores plantearon un estudio para explorar la eficacia de una prueba de pseudopalabras para medir la memoria de trabajo fonológica.

El objetivo de la investigación fue evaluar el rendimiento de estudiantes con síndrome de Down de habla española. La muestra estuvo compuesta por 26 estudiantes distribuidos en dos grupos: 13 con síndrome de Down y 13 con desarrollo normal del lenguaje. Los resultados corroboran los hallazgos en otras lenguas, es decir, los estudiantes con síndrome de Down del estudio mostraron un rendimiento deficiente en la repetición de palabras y pseudopalabras, existieron diferencias significativas en pseudopalabras simples y no se observó un efecto de longitud de palabras (Pérez et al., 2012).

### **3.2.2. Motivación**

La motivación es otra dificultad que presenta el estudiantado con síndrome de Down, ya que se ve limitada cuando se tiene que enfrentar a tareas más difíciles y menos agradables (Chaves, 2001). A veces muestran episodios de resistencia creciente al esfuerzo en la realización de una tarea debido a la poca motivación y falta de interés, y no tanto por lo que conocen (D. W. Wall, 1980). El ambiente emocional en el que estudiante se desarrolle es determinante para cambiar su actitud y forma de manifestar sus sentimientos. Un ambiente calmado, tranquilo, comunicativo y cordial creará unas condiciones para un adecuado desarrollo emocional. Un ambiente tenso o frío fomentará la inquietud, frustración e inseguridad del estudiante (Andújar et al., 2014; Angulo, Gijón, Luna, & Prieto Inmaculada, 2015) (M. M. Neumann, Hood, & Ford, 2013).

Diversas investigaciones han demostrado que estudiantes a quienes se les lee cuentos desde pequeños, que pertenecen a familias lectoras en las que padres y hermanos disponen de abundantes e interesantes libros en su hogar, “se hacen lectores” (Kumin, 2014; Rodríguez, 2004; Troncoso & Flóres, 2011). Si esto es así con los estudiantes en general, se podría deducir que algo semejante podría suceder con los estudiantes con síndrome de Down. Es fundamental que el método de enseñanza esté bien diseñado y que su aplicación sea grata, estimulante, motivadora para el alumno (y también para quien enseña!) desde su inicio (Troncoso & Flóres, 2011). Algunos estudios realizados con alumnos con necesidades educativas especiales (NEE), han demostrado que el papel del profesorado es importante para construir el diálogo con ellos; concretamente con quienes tienen problemas de aprendizaje (Pedraza & Acle, 2009).

### **3.2.3. Atención**

La atención es otra área de desarrollo que generalmente presentan dificultades, sobre todo durante periodos prolongados. Con facilidad se distraen frente a la presencia de casi cualquier estímulo (Wisniewski, Wisniewski, & Wen, 1984). Presentan “deficiencias en los sistemas de atención y alerta” que se encuentran muy relacionadas con los problemas para tomar la iniciativa. Así, pueden desconectar y aislarse si no se provoca una interacción guiada con ellos. Sin embargo, conforme pasa el tiempo pueden adquirir esa capacidad si se utilizan las estrategias adecuadas o experiencias emocionales. Por otro lado, ellos presentan una baja conciencia de sus limitaciones, lo que le provoca dificultades para prever el peligro (Angulo et al., 2015).

La dificultad para mantener la atención; se manifiesta como ausencia de interés suficiente para que se vea favorecido el aprendizaje, (no es una actitud consciente, es una repercusión derivada de su inmadurez cerebral). Problemas de dispersión y selección de estímulos. Una actitud de ayuda durante todo el proceso de enseñanza por parte del profesional (estrategias para recuperar y mantener la atención) y hacer consciente al alumno o alumna de que no puede “despistarse” sino que es importante que esté “atento” hasta el final de la tarea (las tareas significativas o funcionales con base en su vida real provocan el deseo de llegar a la solución, porque sirven para algo concreto y necesario) pueden ser claves para crear hábitos necesarios para desarrollar la atención ante cualquier actividad. (Martínez, 1997).

Debido a las alteraciones cerebrales propias del síndrome de Down, producidas por la trisomía cromosómica, se afectan, entre otras funciones y estructuras, el desarrollo y funcionamiento de la atención, que es concebida por este autor como la principal tarea que realiza el cerebro y, como la puerta de entrada de la información para la ejecución del resto de las tareas que ejecuta un ser humano, por lo tanto, tiene capacidad de activar unos procesos cognitivos y de inhibir otros, dependiendo de las demandas de la situación. Según sus investigaciones, la atención en los estudiantes con síndrome de Down es “menor” que en las personas de desarrollo “normal”, por lo cual, se requiere establecer programas específicos para su entrenamiento y mejora. Así mismo, la memoria, definida como la tendencia a olvidar lo que se aprende, repercute negativamente en el proceso educativo. En este sentido es necesario acompañar el proceso

de enseñanza con ejercicios que contengan: demostración, repetición y la combinación del uso de la imagen o el gráfico, la voz y la animación; sin olvidar la memoria auditiva, entendida como la capacidad de recordar un conjunto de ítems verbales en el mismo orden en el que fueron oídos (Tangarife et al., 2016).

José Ramón Gamo, neuropsicólogo infantil y director del Máster en Neurodidáctica de la Universidad Rey Juan Carlos manifiesta que “El cerebro necesita emocionarse para aprender”. En el último lustro, en España han aparecido diferentes corrientes que quieren transformar el modelo educativo y una de ellas es la neurodidáctica. No es una metodología, sino un conjunto de conocimientos que está aportando la investigación científica en el campo de la neurociencia y su relación con los procesos de aprendizaje. “Antes solo se podía observar el comportamiento de los alumnos, pero ahora gracias a las máquinas de neuroimagen podemos ver la actividad cerebral mientras realizan tareas”, añade Gamo. Esa información sirve a los profesores y pedagogos para decidir qué métodos son los más eficaces.

### **3.2.4. Percepción**

Todo ser humano es una entidad compleja que se relaciona con los objetos del entorno a través de dos instrumentos fundamentales: los cognitivos y los emocionales. Los instrumentos cognitivos (percepción, atención, memoria, pensamiento) le permiten intervenir sobre la realidad en forma de actuaciones. Las emociones le relacionan con los objetos de esa realidad. Todas las actuaciones del sujeto funcionan siempre en forma de bloques

cognitivo-emocionales y no es posible separar ambas funciones (Rodríguez, 2004).

La percepción visual es una capacidad que los estudiantes con síndrome de Down no presentan muchas dificultades (Yang, Conners, & Merrill, 2014). En general tienen mejor percepción y retención visual que auditiva. Esta característica favorece a su aprendizaje, ya que aprenden a desarrollar habilidades a través de la observación. En el contexto educativo el profesorado se convierte en un modelo para el estudiante (Buckley, 2000). En el contexto educativo profesorado se convierte en un modelo para él. En este escenario los estudiantes aprenden por imitación y repetición, un principio pedagógico fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Antoni, 2009; Vygotski et al., 2004). El aprendizaje a partir de la información que se les presente visualmente, puede ser una oportunidad para introducir el uso de nuevos instrumentos de mediación, como la tecnología (Necuzzi, 2013). Por otro lado, el estudiante con Síndrome de Down tiene problemas con la percepción auditiva, ellos no captan bien todos los sonidos, y por ello tienen dificultad para responder órdenes (Troncoso & Mercedes, 2009).

El lenguaje corporal es de alguna manera el lenguaje sentimental. A las personas con síndrome de Down les resulta costoso captar la enorme variedad de mensajes sutiles que se transmiten a través de los gestos, las posturas, los movimientos y los tonos de voz. Es conveniente entrenar a los estudiantes con síndrome de Down a detectar en los demás sus estados de ánimo a través de la expresión de su cuerpo y en especial de la expresión facial.

La observación de revistas o fotografías con expresiones faciales y corporales diversas, el cine y el teatro utilizados como formas de ocio en que se estudien a los personajes y sus expresiones emocionales, o los juegos en que se fingen emociones que otros han de detectar, son posibles actividades prácticas (Rodríguez, 2004).

### **3.2.5. Memoria**

La memoria se divide en corto plazo y largo plazo, pero también existe la memoria sensorial, relacionada con los sentidos (Sternberg & Sternberg, 1999). Los estudiantes con síndrome de Down presentan dificultades con la memoria a corto y largo plazo y es mejor su memoria visual que la auditiva, como se explicó en anteriormente. Les resulta difícil realizar los procesos de conceptualización, generalización, transferencia de aprendizajes y abstracción. Necesitan más tiempo para aprender y responder a ciertos estímulos. Para ellos es complicado entender y seguir varias instrucciones a la vez. Es difícil para ellos generalizar lo que aprenden (Escamilla, 1983). Es por esta razón que el profesorado requiere actividades repetitivas, que muchas veces se tornan tediosas y aburridas.

Limitaciones importantes se presentan en la memoria a corto plazo, sobre todo cuando la información se presenta de forma auditivo-verbal; suele mejorar con refuerzos visuales complementarios. Tienen capacidad limitada para formar conceptos, agrupar objetos en categorías superiores con significado, lo que dificulta la generalización de conocimientos y la aplicación de los

aprendizajes en contextos o ámbitos diferentes a aquél o aquellos en que se han enseñado. En este sentido, el profesorado debe enseñar en contextos diferentes, para “compensar” su limitación en la extensión de lo aprendido a situaciones diversas (Martínez, 1997).

### **3.2.6. Motricidad**

Un estudiante con síndrome de Down desde el nacimiento, es capaz de agarrar un objeto, como consecuencia de un acto reflejo. Explora su entorno principalmente mediante el movimiento, es decir, la motricidad gruesa, y lo analiza mediante la exploración de los objetos, es decir la motricidad fina (Troncoso & Mercedes, 2009) por medio de los sentidos (vista, oído y tacto). Los estudiantes con síndrome de Down a veces tardan más en controlar su cuerpo debido a su hipotonía muscular o a otros problemas, como largas hospitalizaciones, que retrasan más su desarrollo motor. Este desarrollo psicomotor tiende a presentarse de manera más tardía con respecto a la población general. Presentan bajo tono muscular. Lentitud y torpeza motora tanto gruesa (brazos y piernas), como fina (manos) (Buckley, 2000).

### **3.2.7. Inteligencia**

Los estudiantes con síndrome de Down desarrollan su inteligencia a lo largo de su vida, si se les ofrecen oportunidades de aprender, mediante la interacción permanente de la familia, escuela y sociedad (Angulo et al., 2015). Algunas investigaciones ponen en evidencia que si se utilizan estrategias adecuadas

los estudiantes son capaces de desarrollar ciertas habilidades, incluso pueden aprender a leer y escribir (Buckley, 2000; Epstein, Hobmann, & Hobmann, 2002; O'Malley & Stanton Fraser, 2004). Su discapacidad intelectual no imposibilita el desarrollo pleno de otras capacidades, como lo manifiesta Howard Gardner, en su teoría de las Inteligencias Múltiples, en la que establece que no existe una única capacidad mental, sino varias. Es, por tanto, muy conveniente, que el profesorado desarrolle la inteligencia en todos sus ámbitos y vertientes (Howard, 1983). Ramos hace una reflexión sobre la enseñanza de la lectoescritura dirigida a estudiantes con discapacidad intelectual, en la cual indica que no existe un camino exclusivo para la enseñanza, sino que existen diversas estrategias que el profesorado puede aplicar de forma integrada con el ambiente de desarrollo (Ramos, 2004).

### **3.2.8. Personalidad**

Por encima de estereotipos y coincidencias aparentes se encuentra una rica variedad de temperamentos. En general, las personas con síndrome de Down, pueden presentar las siguientes características de personalidad: Suelen ser sociables y afectuosos, y presentar menor capacidad para inhibirse. Les gusta colaborar en las tareas de la casa, cuando se les enseña y se les permite participar. Pueden llegar a disfrutar mucho de las tareas escolares y laborales adquiriendo sentido de responsabilidad y constancia. En ocasiones, tienden a presentar conductas persistentes y resistencia al cambio, así como escasa iniciativa.

En los primeros años de su vida no son tan hábiles como los niños y niñas de desarrollo normal al utilizar recursos para conectar e interactuar con el ambiente que les rodea. Además, su capacidad de desarrollo de juego simbólico (lo cual, como veremos, tiene una incidencia negativa en la adquisición del lenguaje) también es más restringido y tiende a actividades estereotipadas y repetitivas. Suelen tender a relacionarse más con los adultos que con el grupo de iguales, y la persona adulta debe conocer estas características genéricas que provoca el síndrome, para ajustar sus expectativas y seguir estimulando a pesar de la posiblemente escasa respuesta, en comparación con los niños o niñas de desarrollo normal. Según la imagen que el “entorno” le devuelva a partir de esas características, se irá formando la imagen de sí mismo.

Según (Martínez, 1997) se suele decir que un rasgo de la personalidad de estas personas es la obstinación, la terquedad, la testarudez, la falta de flexibilidad, la resistencia a los cambios, pero tal vez sea interesante analizar estas actitudes también como resultado de un contexto interactivo, teniendo en cuenta que:

La mayor parte de la conducta humana es aprendida y una gran parte de ella por imitación - todo ser humano aprende si se le enseña, aunque el nivel de logro o profundización sea cuantitativa y cualitativamente individual, personal.

Todos los niños y niñas tienen ganas de aprender; este deseo tiende naturalmente a desaparecer si lo que se le enseña no es significativo para él o ella.

Las conductas que se refuerzan tienden a estabilizarse

La sobreprotección inhibe la acción propia

### **3.2.9. Conducta y sociabilidad**

Pueden presentar la misma variedad de conductas que suelen observarse en la población en general. Los programas de modificación de conducta por lo común dan buenos resultados con ellos. En conjunto alcanzan un buen grado de adaptación social. Si se les permite, suelen mostrarse dependientes de los adultos, por lo que hay que promover su independencia y autonomía.

Actualmente muchas limitaciones que se suponían inamovibles, tales como la creencia de que eran incapaces de leer y escribir, han sido superadas, y ello es debido a que ciertas características relacionadas con condiciones adecuadas, pueden favorecer un mayor desarrollo de ciertas habilidades. En este sentido un estudiante con síndrome de Down con una intervención educativa adecuada, puede producir mejoras observables que le ayuden a mejorar su calidad de vida. La alfabetización es una de las habilidades cruciales que estos estudiantes deben desarrollar para resolver problemas en la vida real por sí mismos (Buckley, 2000). Pero esta tarea no es fácil, constituye un verdadero reto para el profesorado de Educación Especial, puesto que se requieren técnicas pedagógicas especiales para desarrollar habilidades de atención, estado de alerta, memoria, correlación, análisis y pensamiento abstracto. Así como métodos adecuados para esta población.

### 3.3. Aprendizaje de la lectura en estudiantes con síndrome de Down

Cuetos indica que “Generalmente, salvo los disléxicos y los que tienen algún tipo de retraso lector, los estudiantes consiguen la habilidad de leer a los pocos meses de iniciar el aprendizaje de la lectura” (Cuetos Vega, 2008, p.169). En este escenario, los estudiantes con síndrome de Down presentan dificultades para desarrollar el aprendizaje de la lectura (Escamilla, 1983). Sin embargo, la lectura es una habilidad importante que puede mejorar su calidad de vida (Buckley, 2000). La lectura proporciona un sólido canal a través del cual aprenden más habilidades. Si bien es cierto, pueden aprender a leer a un ritmo más lento, la capacidad para leer les abre muchas más puertas en la adultez de cara a la obtención de empleos, y les proporciona muchas más oportunidades para vivir de forma independiente en la sociedad, y para tener en ella más posibilidades recreativas (Buckley, 2000; Escamilla, 1983; Troncoso & Mercedes, 2009).

La enseñanza de la lectura inicial a estudiantes con síndrome de Down no es diferente que la que se ha descrito en esta sección, lo que cambia es la adaptación, a un ritmo más lento y la personalización de recursos educativos, por ejemplo, Sue Buckley, del Down Syndrome Education International de Reino Unido, ha descubierto que el aprendizaje de la lectura ejerce efectos positivos sobre las tareas del lenguaje hablado, del vocabulario receptivo y de la memoria. Defiende la utilización de las habilidades del procesamiento visual y de la memoria visual para sustentar todo aprendizaje (Buckley, 2001). María V.

Troncoso en su libro “Síndrome de Down: Lectura y Escritura” también hace referencia a una etapa de preparación para la lectura y la divide en cuatro etapas: Asociación, Selección, Clasificación, Denominación y Generalización que se describen más adelante (Troncoso & Mercedes, 2009).

En el pasado, la mayoría de los profesionales creían que sólo un estudiante excepcional con síndrome de Down sería capaz de aprender a leer. Esta opinión prevaleció, a pesar de que muchos padres lograron enseñar a leer a sus hijos con síndrome de Down sin la ayuda de la experiencia profesional, y a pesar de que en los años 60 se publicaron varios informes sobre las habilidades de lectoescritura de los estudiantes con síndrome de Down, incluyendo *The World of Nigel Hunt*, y *Yesterday Was Tuesday All Day and All Night*. Esa percepción profesional comenzó a cambiar en los años 70, cuando la Dra. Valentine Dmitriev y Pat Oelwein, comenzaron regularmente a enseñar a leer a los estudiantes pequeños con síndrome de Down inscritos en el Programa para Niños con Síndrome de Down y Otros Retrasos del Desarrollo, de la Universidad de Washington. En los años 80, Sue Buckley y su grupo del Reino Unido comenzaron a investigar sobre la lectura. Ella documentó muchos éxitos, empezando por Sarah Duffen, que es el mismo nombre que lleva el centro fundado por la Down Syndrome Educational Trust (en la actualidad, llamada Down Syndrome Education International)

Hoy en día, los profesionales y los padres coinciden en que muchos, por no decir la mayoría, de los estudiantes con síndrome de Down aprenden a leer. Algunos lo hacen recurriendo

a las mismas estrategias usadas con cualquier otro estudiante; otros utilizan estrategias más especializadas, como programas de lectura que proporcionan información práctica y materiales especialmente diseñados para enseñar a leer a los estudiantes con síndrome de Down. Entre estos se incluyen los siguientes:

- Teaching Reading to Children with Down Syndrome, de Pat Oelwein
- See and Learn: Language and Reading, de Sue y Frank Buckley
- Love and Learning, de Joe y Sue Kotlinsky
- Síndrome de Down: Lectura y escritura, de María V. Troncoso y Mercedes del Cerro

La alfabetización de estudiantes con síndrome de Down es similar a la alfabetización tradicional, pero cambia en el ritmo de aprendizaje y la adaptación de programas curriculares a las necesidades particulares de cada estudiante. La capacidad de aprendizaje varía mucho dependiendo de la condición cognitiva, e incluso las diferencias entre los estudiantes que tienen la misma discapacidad pueden ser enormes (Bentolilla & Germain, 2006). A veces, los padres o los profesores deciden usar estos programas con los estudiantes con síndrome de Down solo cuando los estudiantes no han conseguido aprender a leer con otros métodos convencionales. Otras veces, los padres o los profesores empiezan desde temprano a utilizar uno de estos métodos, antes de intentarlo con cualquier otro método.

Existe una gran variedad de métodos de enseñanza de la lectura, aunque todos pueden ser clasificados en dos categorías: los

analíticos y los sintéticos. Los analíticos o descendentes, también denominados globales, parten de las estructuras más complejas del lenguaje, lectura de palabras o frases, que luego se dividen en sílabas y palabras, respectivamente. Finalmente, terminan en las letras. Se fundamentan en que los estudiantes perciben los objetos y palabras globalmente y luego pasan a los detalles. Por esto se parte de la lectura de frases o palabras y se llega poco a poco al reconocimiento de las sílabas y letras que las constituyen (Troncoso & Mercedes, 2009). Los métodos sintéticos comienzan por las unidades subléxicas (letras o sílabas) para terminar en la palabra. Dentro de esta categoría se encuentran el método «alfabético», que comienza por enseñar las letras por sus nombres, para pasar después a la sílaba y terminar con la palabra; el «fonético», similar al anterior pero que enseña el sonido de las letras en vez de su nombre; y el «silábico», que comienza enseñando directamente las sílabas (Cuetos, 2008) (Carpio, 2012). Intermedio entre los analíticos y sintéticos se encuentra el método mixto, que como su nombre indica es una mezcla de ambos. También se los conoce como métodos eclécticos y combinan las características de los métodos analíticos y sintéticos, y se toman las ventajas que ofrecen cada uno de los métodos. Es decir, que se adapta a las necesidades de un estudiante y el conocimiento del profesorado.

Una investigación exploratoria del autor del libro permitió conocer de primera mano dos métodos de lectoescritura, el primero el método Global para estudiantes con síndrome de Down mediante una entrevista a una de las autoras, la Dra. María Mercedes del Cerro en la Fundación Down21 en Santander, España. El segundo método Picto Fónico (PiFo) mediante una entrevista a la Dra.

María de los Ángeles Carpio, autora costarricense de la Escuela de Orientación y Educación Especial de la Universidad de Costa Rica (Jadán-Guerrero, López, & Guerrero, 2014). A continuación, se detallan las características más importantes de estos dos métodos.

### 3.3.1. Método Global

El programa de lectura y escritura de María Victoria Troncoso y Mercedes del Cerro, constituye el primer y más detallado de los sistemas para enseñar tanto a leer como a escribir a estudiantes con síndrome de Down, en español. Este sistema comienza a gestarse a finales de los años 60, para ver la luz en un documento impreso en 1998, si bien su uso es anterior. Si algo lo define es la introducción precoz de la enseñanza de la lectura en los estudiantes con síndrome de Down, que pueden leer antes de poder hablar; y la separación de los procesos de enseñanza de la lectura y la escritura. Precisa de una serie de habilidades consideradas previas e imprescindibles (atención, discriminación, percepción y destreza manual), a partir de las cuales se enseña la lectura primero, y la escritura más tarde. La enseñanza de la lectura es global, es decir, parte del reconocimiento visual de la palabra en su globalidad, para pasar luego a las sílabas y finalmente a las letras. Así mismo, la lectura es comprensiva desde el primer momento, partiendo de la premisa de que sin comprensión no hay lectura. Así, niños desde los 3 años pueden comenzar el aprendizaje de la lectura, antes de saber hablar, habiéndose constatado, además, que la lectura favorece la adquisición del habla.

En cuanto a la enseñanza de la escritura, es posterior a la lectura y sigue un proceso diferente, teniendo en cuenta las dificultades que existen en esta área, y lo largo de su proceso. El programa, detalladamente estructurado de modo que la enseñanza de la lectura y la escritura pueda ser desarrollado por un familiar o profesional, en sesiones que irían desde los 5 minutos hasta los 15 o 20 diarios como máximo (Kumin, 2014). La Figura 9 muestra un ejemplo de los recursos educativos utilizados en el método global.



Figura 9: Ejemplos de láminas del método analítico o global

El enfoque pedagógico que se aplica el método global es el aprendizaje discriminativo perceptual. Esto es, le enseñanza a un estudiante a percibir sonidos y acciones relacionadas con objetos. El método se centra en el desarrollo de cinco capacidades:

la memoria, la atención, la asociación, la discriminación y la denominación. Para cada uno de ellos el método utiliza láminas que tienen un pictograma y una palabra del pictograma. Estas láminas ayudan al estudiante a asociar la imagen con una palabra (Troncoso & Mercedes, 2009).

La enseñanza de la lectura se estructura en 4 etapas y la de escritura en 3 etapas. En la Tabla 10, se describen las etapas de la lectura:

**Tabla 10: Etapas de la lectura del método de Global Troncoso**

No.	Etapa	Procesos
1	Preparación para la lectura	Asociación, Selección, Clasificación, Denominación, Generalización.
2	Percepción global	Reconocimiento de palabras escritas.
3	Aprendizaje de sílabas	Leer palabras formadas por cualquier sílaba.
4	Progreso lector	Leer textos más complejos de forma progresiva.

Fuente: (Troncoso & Mercedes, 2009).

Fase previa. En esta etapa también conocida como de preparación para la lectura o lectura inicial aplican un aprendizaje perceptivo discriminativo. Es decir, se ofrecen orientaciones para el desarrollo de las siguientes capacidades perceptivas y discriminativas: Asociación, Selección, Clasificación, Denominación, Generalización.

Primera etapa. Esta etapa es la de precepción global y reconocimiento de palabras escritas. El objetivo es que el estudiante reconozca visualmente un gran número de palabras escritas, comprendiendo su significado. Este reconocimiento ha de producirse tanto si las palabras se presentan aisladas como dentro de una frase; del mismo modo, las frases pueden presentarse aisladas o en relatos sencillos. El programa ofrece las primeras palabras y nexos que el estudiante debe ir aprendiendo, elegidas dentro del contexto cultural español, que pueden ajustarse a las características de cada país.

Segunda etapa. Esta etapa es la de reconocimiento y aprendizaje de sílabas. El objetivo es leer con fluidez y soltura palabras formadas por cualquier sílaba, comprendiendo su significado. Se ofrecen multitud de ejemplos y orientaciones para ir pasando paulatinamente de la palabra a la sílaba, siendo luego capaz de construir y leer palabras nuevas a partir de las sílabas conocidas.

Tercera etapa. En esta etapa es la de progreso en la lectura. El objetivo de esta etapa, que puede durar toda la vida, es adquirir soltura, fluidez y afición por la lectura, de modo que la lectura sea una actividad de disfrute, pero que también tenga un fin funcional y sirva para desarrollar capacidades intelectuales y medio de aprendizaje.

### **3.3.2. Método Picto Fónico (PiFo)**

El método Picto Fónico (PiFo) es un método de lectoescritura propuesto por la autora costarricense María de los Ángeles Carpio.

El método pertenece a la categoría de los métodos fonéticos y acuña un concepto de Estrategias Pictofónicas (Carpio, 2012). Es decir, integra dos aspectos, el pictograma porque se basa en un dibujo que tiene o se asocia a la forma de la letra en estudio; y el fónico, porque el dibujo ilustra una palabra clave cuyo sonido inicial es el que corresponde a la letra representada. El estudiante aprende a reconocer los grafemas y a asociarlos con su fonema mediante el sonido inicial de la palabra clave y el dibujo que ilustra ésta, estimulando así un proceso dual de aprendizaje de la lectura. En la Figura 10 se puede observar los recursos que utiliza el método.



Figura 10: Método PiFo; fichas y Cds con canciones y videos

En la Figura 10 se puede apreciar cuatro ejemplos: /a/ de anillo, /b/ de bota, /c/ de caracol, /d/ dedo o /e/ de elefante. El método

propone una secuencia didáctica que guía al profesorado en la enseñanza de la lectura y la escritura mediante el uso de recursos dinámicos como fichas y folletos, canciones, vídeos. El kit tiene 31 fichas que se usan en el proceso de correspondencia grafema-fonema. Tiene el CD PICTIONARIO que incluye videos con el trazo de dibujos que relacionan al grafema. El CD CACIONERO que contiene canciones para desarrollar el estímulo auditivo. El CD FOLLETOS contiene todo el material gráfico que requiere el o la docente para el trabajo directo con el grupo de estudiantes o para su atención individual.

El método PiFo está organizado en cuatro etapas (ver Tabla 11) que permiten la interacción constante entre los dos procesos básicos para el aprendizaje de la lectura: el desarrollo del sistema ortográfico y las representaciones fonológicas.

**Tabla 11: Etapas del método de lectoescritura Picto Fónico (PiFo)**

No.	Etapas	Procesos	Semana
1	Perceptual	Lectura fotográfica Conciencia fonológica. Vocales	1-5
2	Decodificación	Conciencia fonémica Fusión silábica Reconocimiento de palabras	6-35
3	Comprensión	Comprensión lectora	8-35
4	Redacción	Estructurar oraciones	10-35

Fuente: (Carpio, 2012).

Etapa perceptual. En la primera etapa se introducen las destrezas motrices gruesas y finas, conceptuales, lingüísticas y sociales mediante actividades que permitan preparar a los estudiantes en el proceso de lectura inicial. Se estimula la lectura logográfica, por medio de carteles del ambiente: DAMAS, CABALLEROS, ABIERTO, CERRADO, ENTRADA, SALIDA entre otros. La conciencia fonológica es indispensable para el proceso alfabético; y se hace con la presentación de las vocales para el proceso de correspondencia grafema-fonema, con la asociación del pictograma y la letra, y el sonido inicial de la palabra clave con el fonema. En esta fase se enfatiza la enseñanza del trazo con dibujos, los cuales modelan los y las docentes a partir de los vídeos que incluye el método. Es indispensable también el estímulo auditivo con las canciones que se sugiere el método.

Etapa de Decodificación. En esta etapa se proponen tres fases: las reglas de correspondencia grafema fonema (RCGF) para la introducción de las letras consonánticas; el ensamblaje o fusión silábica de las consonantes con cada vocal; y la lectura de palabras, para desarrollar el reconocimiento automático de éstas. Se trabaja simultáneamente la escritura, caligrafía y ortografía.

Etapa de Comprensión. En esta etapa se estimula desde la primera serie silábica con oraciones sencillas como “Memo ama a Ema”, “Mi mamá me mima”. Para el desarrollo del procesamiento semántico, se acompañan las oraciones con ilustraciones que estimulan la construcción de representaciones mentales del contenido.

Etapa de Redacción. En esta etapa se introduce cuando los y las estudiantes tienen suficiente vocabulario como para estructurar oraciones en el esquema de sujeto-verbo-predicado, mediante tres dibujos clave: una carita (sujeto), un signo de pregunta (verbo) y una nube (predicado) El método provee, en un cd, todo el material gráfico que requiere el o la docente para el trabajo directo con el grupo de estudiantes o para su atención individual

En resumen, se puede observar que independientemente del método, el profesorado utiliza algunos recursos que apoyan al proceso pedagógico. Por ejemplo, láminas o tarjetas con fotografías, pictogramas, símbolos, letras, sílabas, palabras o frases. Además de estas láminas, el profesorado diseña estrategias de aprendizaje mediante actividades lúdicas, tales como, pintar, cantar, jugar, escuchar una historia o interactuar con objetos del entorno (M. Neumann et al., 2012). También las tecnologías son más comunes en el aula, por ejemplo, computadores, proyectores, pizarras interactivas, tabletas que se combinan con recursos educativos en Internet o plataformas virtuales institucionales (Bravo et al., 2005). En éste último contexto, el profesorado afronta nuevos desafíos frente a estudiantes que se desarrollan en entornos cada vez más tecnológicos y complejos. Una vez más se abre una puerta para investigar si con la mediación tecnológica se generarán otros tipos de interacciones que ayuden a fomentar el aprendizaje del proceso de lectoescritura.

El desarrollo de la lectoescritura en estudiante con síndrome de Down ha sido un tema de interés dadas las dificultades de aprendizaje que éstos presentan. Así, han surgido diferentes

planteamientos metodológicos y herramientas que se adaptan a las necesidades especiales de esta población. Entre ellas, las tecnologías basadas en la informática y las comunicaciones han cobrado gran relevancia, debido a que presentan grandes ventajas, entre las que sobresalen la posibilidad de ajustarse a las necesidades y condiciones de cada individuo. Sin embargo, también han sido reportados inconvenientes que comprometen la usabilidad de las tecnologías, debido a las características propias de esta población (Tangarife et al., 2016).

## **4. MARCO METODOLÓGICO**

La presente investigación se fundamenta en un marco metodológico, que define el tipo de estudio, los métodos, técnicas, instrumentos, procedimientos y estrategias necesarios para llevar a cabo los objetivos planteados. En la sección 4.1 se define el tipo de estudio, posteriormente en la sección 4.2 se especifica el diseño metodológico, en el cual se describen los participantes, instrumentos de recopilación de información, el procedimiento y técnicas de análisis de datos.

### **4.1. Tipo de estudio**

De acuerdo al problema planteado y a los objetivos a alcanzar, la investigación referida a las Interfaces de Usuario Tangibles para fortalecer la interacción en el proceso de lectura inicial aplicada a estudiantes con síndrome de Down, se considera una investigación aplicada, orientada a la solución práctica a problemas. En otras palabras, el investigador busca resolver un problema conocido y

encontrar respuestas a preguntas específicas (León & Montero, 2003).

Dentro de este tipo de estudio, también se aplicó la técnica de observación. La observación es un recurso muy útil para analizar el comportamiento de usuarios dependiendo del contexto del estudio. En este caso estudiantes con síndrome de Down y maestras de Educación Especial. El objetivo de esta técnica es describir fenómenos que ocurren en ambientes naturales o de laboratorio sin intervención del investigador (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista, 2006).

La recolección de datos en esta técnica la suele hacer bien el propio investigador o bien se utilizan vídeos. En la presente investigación se utilizaron ambas, participaron dos observadoras que acompañaron al investigador principal. La primera una estudiante de doctorado de la Universidad Politécnica de Madrid, quien estaba desarrollando una investigación relacionada a la usabilidad de tecnologías en personas con síndrome de Down. La segunda, una maestra de educación media, estudiante de la Universidad de Costa Rica. Cada una de ellas participó en todo el proceso de evaluación en un escenario real, en España y Costa Rica respectivamente. Las observadoras fueron registrando en papel sus observaciones y el investigador también utilizó dos cámaras de video para grabar el proceso de evaluación. Esta técnica que se siguió es muy utilizada para trabajar con muestras pequeñas de sujetos o incluso con un solo sujeto (caso de estudio). La investigación observacional suele utilizarse como herramienta para la elaboración de hipótesis, que luego se ponen a prueba con alguna metodología experimental (Marco et al., 2013).

En la presente investigación se aplica la metodología cuasi-experimental, orientada a analizar relaciones causa-efecto, pero no en condiciones de control riguroso de todos los factores que puedan afectar el experimento. Su objetivo es el mismo que el de experimentación, pero en la cuasi-experimental el investigador sólo puede seleccionar muestras en base a características intrínsecas de los sujetos que no son directamente manipulables, ello implica que los sujetos no son asignados aleatoriamente a los tratamientos (Hernández Sampieri et al., 2006) (León & Montero, 2003).

Al combinar un estudio de investigación aplicada y una técnica observacional se obtuvieron datos cuantitativos y cualitativos. Lo que implica que la investigación tiene un enfoque mixto e interpretativo, ya que el tipo de información se basa en procesos de análisis de datos numéricos e interpretación de los resultados. El objetivo de la investigación cualitativa es comprender la experiencia en tanto unificada, ya que el investigador hace su propia descripción y valoración de los datos ((Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista, 2006, pp. 527). El objetivo de la investigación cualitativa es recoger información “cuantificable” a partir de un número estadísticamente representativo de los sujetos, en función de una serie de variables que dependen del contexto (Hernández Sampieri et al., 2006) (León & Montero, 2003). En este caso la información que se recogió fue la de los estudiantes y maestras que usan las Interfaces de usuario, con el fin aportar con evidencia empírica y explorar aspectos de interacción sobre las conductas observadas.

## 4.2. Diseño Metodológico

El diseño metodológico responde a la pregunta ¿cómo se investigará el problema? En este sentido en esta sección se explica la metodología que se realizó para contestar cada una de las preguntas de investigación relacionada a cada objetivo específico, y con ello lograr el objetivo principal de esta investigación.

Para el diseño de la metodológico se partió de la metodología propuesta por Hevner en la cual manifiesta que un diseñador responde a preguntas relevantes de problemas humanos a través de la creación de artefactos innovadores, contribuyendo así nuevos conocimientos al estado del arte (Hevner & Chatterjee, 2010). Esta metodología es muy utilizada en Ciencias de la Computación y tiene un conjunto de métodos que rigen una investigación científica (Hevner & Chatterjee, 2010; Wieringa, 2010). Un método es el procedimiento que se lleva a cabo con un orden determinado para la consecución de los objetivos (Hernández Sampieri et al., 2006).

En la Figura 11 se muestra un diagrama de bloques, que tiene un conjunto de actividades que se llevaron a cabo para alcanzar los objetivos planteados y dar respuesta a la pregunta de investigación.

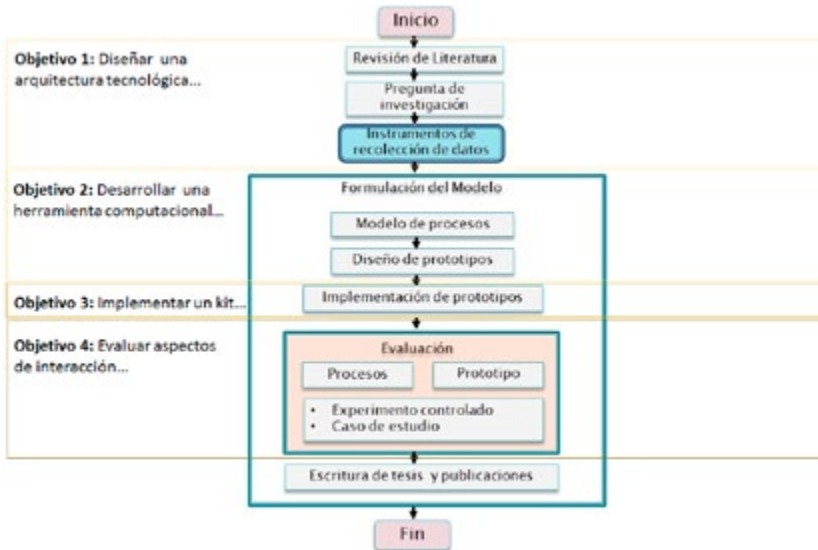


Figura 11: Diseño metodológico de la investigación

Para el primer objetivo, Diseñar una arquitectura tecnológica que facilite la abstracción de métodos de lectoescritura utilizados en Educación Especial, se realizó una revisión de literatura sobre procesos de alfabetización y tecnologías relacionadas a apoyar este proceso. En función de esta información se definió una pregunta de investigación general y cuatro subpreguntas, una por cada objetivo. Como parte de este objetivo también se diseñaron dos instrumentos para la recolección de datos. Primero encuestas para ser aplicadas a maestras de Educación Especial y segundo, entrevistas aplicadas a dos autoras de métodos de lectoescritura.

Para el segundo objetivo, Desarrollar una herramienta computacional basada en Interfaces de Usuario Tangibles aplicable a un método de lectoescritura para estudiantes con

síndrome de Down, se realizó una especificación de requerimientos funcionales, prototipos en papel y un modelo de procesos, entre ellos con la técnica de storyboard para representar el contenido de la información y usabilidad de la herramienta computacional.

Para el tercer objetivo, Implementar un kit de objetos tangibles enfocado en el proceso de lectura inicial en estudiantes con síndrome de Down, se implementaron tres prototipos usando la metodología Design Thinking, los cuales fueron evaluados con expertos en el área de HCI y maestras de Educación Especial con la prueba Thinking aloud.

Para el cuarto objetivo, Evaluar aspectos interacción en un escenario real con estudiantes y profesorado de una institución relacionada al síndrome de Down, se procedió a evaluar la usabilidad y efectividad de los prototipos el profesorado de Educación Especial y estudiantes con síndrome de Down en las dos instituciones. Para ello, se llevó a cabo un cuasi-experimento en el que se identificaron dos factores de diseño: Interfaz y Estilo de Instrucción. El primero se refiere al uso de recursos educativos basados en dos métodos de lectoescritura (Global y PiFo). El segundo se refiere a la modalidad de estudio en pares (maestra y estudiante) y el estudiante de forma autónoma. En la Tabla 12 se resumen los factores de diseño con sus respectivos niveles.

**Tabla 12: Factores del diseño del cuasi-experimento**

<b>No.</b>	<b>Factores de diseño</b>	<b>Niveles</b>
1	Interfaz	Papel Digital Tangible
2	Estilo de Instrucción	Guiado Autónomo

Fuente: Elaboración del autor

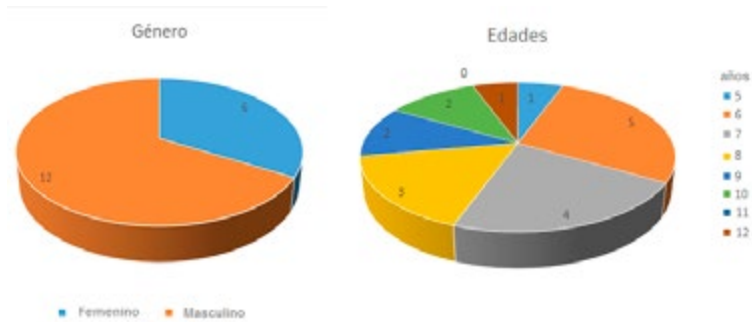
La interfaz Papel está formada por un conjunto de tarjetas impresas en cartulina. Cada tarjeta contiene un pictograma y la palabra correspondiente en la parte inferior en el caso del método global. En el caso del método PiFo cada tarjeta tiene un pictograma (grafema) y una vocal. La interfaz Digital consiste en una aplicación (App) para dispositivo móvil que contiene un menú de las mismas tarjetas para los dos métodos.

La interfaz Tangible está compuesta por un conjunto de objetos tangibles que tienen incrustados o pegadas las etiquetas RFID. El Estilo de Instrucción Guiado se refiere al aprendizaje mediado por una maestra, mientras que el Estilo de Instrucción Autónomo se refiere a que un estudiante con síndrome de Down utiliza los recursos educativos sin la presencia de una maestra.

### 4.2.1. Participantes

Los participantes en el proceso de evaluación fueron estudiantes con síndrome de Down y maestras de Educación Especial de dos instituciones de Educación Especial. La primera fue La Fundación Asindown de Valencia en España y la segunda El Centro de Educación Especial Fernando Centeno Güell de Costa Rica. En Asindown participaron 4 pedagogas y 12 estudiantes con síndrome de Down (tres niñas). La edad cronológica promedio de los estudiantes era de 7.25 años con una desviación estándar de 1.86. Todos los estudiantes estaban en el nivel de competencia curricular correspondiente a 4-5 años y estaban en el proceso de lectura inicial. Según los datos demográficos proporcionados por las pedagogas.

En Centeno Güell participaron 4 maestras de Educación Especial en retardo mental y 6 estudiantes con síndrome de Down (tres niñas). La edad cronológica promedio de los estudiantes fue de 8.33 años con una desviación estándar de 1.63. Todos los estudiantes estaban en el nivel de competencia curricular correspondiente a 4-5 años y estaban en el proceso de lectura inicial. En la Figura 12 se muestran las estadísticas de las edades y género de los estudiantes participantes.



*Figura 12: Estadísticas de estudiantes participantes en el diseño cuasi experimental.*

Por otro lado, participaron 8 maestras en total, 4 en cada una de las instituciones. Su rango de edad estaba comprendido entre 30 y 47 años de edad. En España, las 4 maestras eran logopedas, mientras que en Costa Rica eran maestras de Educación Especial especializadas en retardo mental.

#### 4.2.2. Instrumentos

En áreas como la educación y la psicología es muy provechosa la investigación observacional cuando se requieren estudiar aspectos del comportamiento: relaciones maestra-estudiante o relación del uso de ciertas tecnologías educativas con respecto al aprendizaje. Los instrumentos para recolección de datos suelen ser la entrevista, encuesta, grupo focal entre otros (Puebla, Alarcón, Valdés, Pastellides, & Gómez, 2010). En esta investigación con el fin de conocer la opinión del profesorado sobre métodos y recursos educativos utilizados en el proceso de lectura inicial, se utilizó la encuesta, con el fin de conocer los

detalles de los métodos se utilizó la entrevista, para determinar la tecnología de desarrollo se aplicó un grupo focal con colegas y un experto en HCI. Finalmente, para la evaluación de prototipos se utilizó la observación por medio de videos. A continuación se describen estos instrumentos.

#### **4.2.2.1. Entrevista**

La entrevista es un instrumento que sirve para recoger las opiniones o percepciones de una manera abierta entre una persona (el entrevistador) y otra (el entrevistado). En la investigación se utilizó una entrevista semiestructurada compuesta de 12 preguntas abiertas de opinión, divididas en 3 apartados, la primera de datos personales, la segunda sobre el método de lectoescritura y la tercera sobre el impacto del método (Ver Anexo D).

Esta entrevista fue evaluada por el Dr. Luis A. Guerrero, experto en el campo de Interacción Humano-Computador, catedrático de la Universidad de Costa Rica y Director del Programa de Doctorado. Tiene una trayectoria de aproximadamente 10 años en dirección de tesis doctorales en la Universidad de Chile, tiempo en el cual ha logrado publicar cerca de 100 artículos académicos, muchos de los cuales relacionados a la interacción con tecnología y aplicación de instrumentos de recolección de datos.

#### **4.2.2.2. Encuesta**

El objetivo de una encuesta fue describir hechos psicológicos y analizar relaciones entre ellos mediante técnicas estadísticas descriptivas tiene por objeto recabar información sobre el uso de tecnología en la lectoescritura mediante la aplicación

de encuestas, tests o cuestionarios a muestras grandes y representativas. Suele utilizar técnicas estadísticas descriptivas (tendencia central, variabilidad, correlaciones, regresión, etc.). Se utilizaron cinco encuestas:

Uso de pedagogía y tecnología en Educación Especial (Anexo B),  
Uso de tecnología en el proceso de lectoescritura (Anexo C),  
Datos demográficos del profesorado en el cuasi experimento (Anexo F),  
Datos demográficos del estudiantado en el cuasi experimento (Anexo G),  
Encuesta Pos-test en el cuasi experimento (Anexo I).

Todos estos instrumentos fueron validados por una profesora de Educación Especial de la Universidad de Costa Rica, investigadora del Instituto de Investigaciones en Educación, especialista en inclusión educativa, con 20 años de experiencia en el campo y en publicaciones sobre el tema. Así como una pedagoga de la Fundación Asindown de España con 15 años de experiencia en el uso del método Global.

#### **4.2.2.3. Grabación en video**

Esta técnica se utiliza mucho en investigaciones de tipo observacional, ya que permiten grabar todos los eventos que el investigador puede obviar. Dentro del campo de Interacción Humano-Computador el video permite registrar el comportamiento de los usuarios de forma natural, sobre todo si se presenta un escenario complejo como el de estudiantes con síndrome de Down (Cerezo et al., 2015).

Dado que el objetivo del estudio fue medir la interacción, el video facilitó la observación de frecuencias de sonrisas, risas, señales

de concentración, motivación o verbalizaciones positivas (Xu et.al, 2009). Además, el vídeo ayudó a identificar problemas de usabilidad durante las sesiones de trabajo (problemas para llevar a cabo una tarea, las dificultades en la realización de los gestos en la tableta u objetos tangibles, etc.). En el estudio se utilizaron dos cámaras de video, la una enfocando las interfaces y la otra enfocando a los participantes en una toma más amplia.

En la Figura 13 se muestra la hoja de registro de las observaciones de video. La que se encuentra estructurada de la siguiente manera: Una columna para la maestra, otra para el estudiante, así como el tipo de interfaz y el nombre del video. También se registra el tiempo de inicio de la sesión por cada estudiante y el tiempo de finalización. Con estos dos datos se calcula el tiempo en minutos y el tiempo en decimales.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	N	Maestra	Estudiante	Interfaz	Video	Inicio de sesión	fin de sesión	Duración de la sesión	Tiempo efectivo en decimales
2	1	Merche	Itziar	Papel	20150112_175639 Merche - Itziar - Papel	0:00:06	0:09:55	0:09:49	5,82
3	2	Merche	Itziar	Digital	1MS_0302 Merche - Itziar - Digital - Tangible	0:00:00	0:07:30	0:07:30	7,50
4	3	Merche	Itziar	Tangible	00000 Merche - Itziar - Tangible	0:00:30	0:14:30	0:13:50	13,83
5	4	Merche	Pablo	Papel	20150112_175639 Merche - Pablo - Papel	0:00:00	0:08:30	0:08:00	8,00
6	5	Merche	Pablo	Digital	2015-01-26 Merche - Pablo - Digital - Tangible	0:01:30	0:07:30	0:06:00	6,00
7	6	Merche	Pablo	Tangible	2015-01-26 Merche - Pablo - Digital - Tangible	0:10:00	0:21:00	0:11:00	11,00
8	7	Merche	Mario	Papel	20150120_191436 Merche - Mario - Papel	0:01:00	0:11:00	0:10:00	10,00
9	8	Merche	Mario	Digital	20150120_191436 Merche - Mario - Papel - Digital	0:00:00	0:06:30	0:06:30	6,50
10	9	Merche	Mario	Tangible	20150120_191436 Merche - Mario - Papel - Digital	0:07:00	0:13:00	0:08:00	8,00

Figura 13: Hoja de registro de las observaciones en los videos

#### 4.2.2.4. Instrumentos de registro

Los instrumentos utilizados para registrar las observaciones grabadas en video fueron hojas electrónicas diseñadas para contar las frecuencias de las métricas. Se marcó con “1” en cada ocurrencia de la métrica y “0” o vacío si no existía ocurrencia. Se

creó un libro con 42 hojas electrónicas, 24 para estudiantes de España, 16 para estudiante de Costa Rica y 2 hojas con datos consolidados, una para el Estilo de Instrucción Guiado y la otra con el Estilo de Instrucción Autónomo.

En la Figura 14 se puede observar un ejemplo del registro de frecuencias del Estilo de Instrucción Autónomo, la cual está dividida en tres secciones, una por cada interfaz (Papel, Digital y Tangible). En cada sección se encuentran siete conductas observadas y en cada conducta el número de frecuencias registradas en el video. En la Figura 15 se muestra un ejemplo de la hoja de consolidación para el Estilo de Instrucción Guiado. Se puede observar que fue necesario realizar un proceso de obtención de índices por unidad de tiempo, dado a la complejidad en el manejo de tiempo en las diferentes sesiones de trabajo. Por ejemplo, para obtener el “Índice de verbalizaciones de la maestra por unidad de tiempo”, se dividió el total de verbalizaciones de la maestra para el tiempo efectivo en decimales.

1	<b>Interfaz Papel (Autoaprendizaje)</b>							
2	Número verbalizaciones estudiante	1	1	1	1	1	1	1
3	Total con estímulo de texto							
4	Número verbalizaciones sistema							
5	Número de objetos diferentes explorados	agua	cama	sillón	chimenea	cocina	mesa	cama
6	Número total de exploraciones	2	1	1	1	1	2	1
7	Número de expresiones afectivas						rie	
8	Número de problemas con la interfaz							
9								
10	<b>Interfaz Digital (Autoaprendizaje)</b>							
11	Número verbalizaciones estudiante	1	1	1	1	1	1	1
12	Total con estímulo de texto							
13	Número verbalizaciones sistema	1	1	1	1	1	1	1
14	Número de objetos diferentes explorados	pato	cama	vaso	fresa	cama	limón	sillón
15	Número total de exploraciones	1	1	2	1	1	1	1
16	Número de expresiones afectivas			sonríe				
17	Número de problemas con la interfaz							

Figura 14: Hoja de registro de un estudiante en el Estilo de Instrucción Autónoma.

	A	B	C	D	I	J	K
1	N	Maestra	Estudiante	Interfaz	Tiempo efectivo en decimales	Total de verbalizaciones de la maestra	Índice de verbalizaciones de la maestra por unidad de tiempo
2	1	Merche	Itziar	Papel	9,82	39	3,97
3	2	Merche	Itziar	Digital	7,50	1	0,13
4	3	Merche	Itziar	Tangible	13,83	24	1,73
5	4	Merche	Pablo	Papel	8,00	15	1,88
6	5	Merche	Pablo	Digital	6,00	23	3,83
7	6	Merche	Pablo	Tangible	11,00	29	2,64
8	7	Merche	Mario	Papel	10,00	25	2,50
9	8	Merche	Mario	Digital	6,50	4	0,62
10	9	Merche	Mario	Tangible	8,00	12	1,50
11	10	Merche	Sara	Papel	9,60	17	1,77
12	11	Merche	Sara	Digital	7,42	25	3,37
13	12	Merche	Sara	Tangible	6,00	5	0,83

Figura 15: Hoja de consolidación para el Estilo de Instrucción Guiado.

### 4.2.3. Procedimiento

El procedimiento realizado en la fase experimental estaba dividido en seis actividades para cada uno de los métodos, es decir el método Global aplicado en España y el método PiFo aplicado en Costa Rica. El detalle del procedimiento se muestra en el Anexo H. Previo a las actividades que se explican a continuación se pidió a los padres de los estudiantes, la firma en el consentimiento informado que se presenta en el Anexo E.

En la Figura 16 se muestra un ejemplo de los dos estilos de instrucción planteados para el método Global.



*Figura 16: Evaluación experimental con el método Global. a) Estilo de Instrucción Guiado y b) Estilo de Instrucción Autónomo.*

Actividad 1: Maestra – estudiante con interface papel

En esta actividad la maestra y el estudiante trabajaron de 10 a 15 minutos con fichas de cartulina con pictogramas y palabras para el método Global; así como grafemas y vocales para el método PiFo.

### Actividad 2: Maestra – estudiante con interface digital (Tableta)

En esta actividad la maestra y el estudiante trabajaron de 10 a 15 minutos con una tableta. En la tableta se instaló la aplicación que se conecta al servidor de Kiteracy en Internet para mostrar un menú con tarjetas digitales del método Global y PiFo respectivamente.

### Actividad 3: Maestra – estudiante con interface tangible (juguetes/ vocales físicas)

En esta actividad la maestra y el estudiante trabajaron de 10 a 15 minutos con una tableta, y un sensor de objetos tangibles conectado en una computadora portátil. En el caso del método Global se utilizó el sensor IceKey Tertium, mientras que en el caso del método PiFo se utilizó un sensor Phidgets LF 125 kHz escondido dentro de un oso de peluche, y objetos físicos 3D (vocales y juguetes). Con una aplicación en la tableta se conecta al servidor de Kiteracy en Internet para mostrar información. En la Figura 17 se muestra un ejemplo de los dos estilos de instrucción planteados para el método PiFo.





*Figura 17: Evaluación experimental con el método PiFo. a) Estilo de Instrucción Guiado y b) Estilo de Instrucción Autónomo.*

Actividad 4: Autoaprendizaje con interface papel

En esta actividad trabajó únicamente con el estudiante durante 10 minutos con las tarjetas de cartulina. La maestra daba la orden al estudiante que trabaje libremente con las tarjetas.

Actividad 5: Autoaprendizaje con interface digital (Tableta)

En esta actividad el estudiante trabajó durante 10 minutos con una tableta después de seguir las indicaciones de la maestra.

Actividad 6: Autoaprendizaje con interface tangible (juguetes y letras físicas)

En esta actividad el estudiante trabajó durante 10 minutos con la interfaz tangible, una vez que la maestra le indicaba que los use libremente.

#### 4.2.4. Técnicas para el análisis de la información

Con el fin de dar un rigor científico a la investigación se seleccionó el tipo de prueba estadística que permitiera dar validez a la evaluación con usuarios reales. La primera consideración que se hizo fue la del tipo del diseño cuasi experimental en función de la muestra de 18 estudiantes y 8 maestras. Se planteó una prueba estadística de tipo cuasi-experimental al utilizar toda la muestra y no una aleatorización de ella. La prueba estadística que parecía ajustarse con los factores Interfaz y Estilo de Instrucción y sus respectivos niveles, era la de ANOVA de medidas repetidas (repeated measures ANOVA), utilizada para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias poblacionales de tres o más niveles de un factor entre sujetos. Sin embargo, al realizar las pruebas de idoneidad no se cumplían los supuestos, por otro lado, al tratarse de dos grupos independientes el de España y Costa Rica respectivamente, la muestra era muy pequeña con 12 y 6 participantes. En este caso la cantidad de datos no fueron suficientes para realizar inferencias y se utilizó únicamente estadística descriptiva para mostrar el comportamiento en conjunto de los datos que fueron reunidos (Montgomery, 2001).

El procesamiento estadístico de los datos se realizó con el Software SPSS (Statistical Product and Service Solutions), para ello fue necesario realizar una reestructuración de los datos de la hoja de registro. Se elaboró una nueva hoja electrónica consolidada para el factor Interfaz y para el factor Estilo de Instrucción respectivamente. Para el primer factor se crearon tres columnas

por cada interfaz en este caso (papel, digital y tangible), mientras que para el segundo factor se crearon dos columnas (guiado y autónomo). El proceso de reestructuración se lo puede explicar con un ejemplo con la conducta observada Verbalizaciones Estudiante, para ello se crearon tres columnas llamadas: “verbEstuPapel”, “verbEstuDigital” y “verbEstuTangible”. En la primera se tomaron los dos valores de la columna Verbalizaciones Estudiante en las que el estudiante participó en el experimento con la interfaz en papel. Es decir, el valor en la interfaz papel cuando participó con la maestra (guiado) y el valor de la interfaz papel cuando participó solo (autónomo).

El valor obtenido para aprendizaje guiado por la maestra fue de 1.8336, mientras que el valor para aprendizaje autónomo fue de 2.5454. Se realizó la media de estos dos valores y ese es nuevo el valor que se registra para la variable “verbEstuPapel” (en este caso es 2.1895). Y para las variables “verbEstuDigital” y “verbEstuTangible” se realizó el mismo proceso agregando los dos valores (con profesora y autónomo) que hacen con la interfaz digital y tangible respectivamente. En la Figura 18 se muestra un ejemplo para el factor Interfaz del grupo de España.

Estudiante	SubjectID	VerbalEstiPapel	VerbalEstiDigital	VerbalEstiTangible	CoefEstTextPapel	CoefEstTextDigital	CoefEstTextTangible
2	0	2,189535422	1,7	1,507429719	0,301605716	0,056666667	0,253312048
3	1	0,625	2,25	1,909090909	0,125	0,25	0
4	2	1,4	1,8582	1,983181063	0	0	0,237335887
5	3	0,3125	1,0613	1,5	0,208333333	0,741573034	0
6	4	0,245058401	0,2034	0,375	0,040411247	0	0,053571429
7	5	0,20855615	0,5791	0,401345627	0,117647059	0	0
8	6	0,345454545	2,0036	1,255555556	0,940909091	0,9	0,111111111
9	7	1,058823529	3,6682	2,523809524	0,411754706	0	0
10	8	1,739551282	1,3173	2,111111111	0,358974359	0	0
11	9	1,2	0,3043	1,680147059	0,25	0	0,117647059
12	10	0,566666667	1,0529	0,700404858	0,156666667	0,148148148	0
13	11	1,012513261	1,2099	1,348889751	0,257879636	0,192798187	0,06057361
14							
15		Ejemplo para Itz'ar					
16			Guiado	Autónomo	Promedio		
17			1,833416299	2,545454545	2,189535422		
18			0,4	3	1,7		
19			4,048192771	2,166666667	8,107429719		
20							

Figura 18: Hoja de reestructuración de datos para el factor Interfaz del grupo de España

Para el análisis del factor Estilo de Instrucción fue muy similar, pero cambió en que este tiene sólo dos niveles. Por lo tanto, las variables correspondientes a las conductas observadas se reestructuraron formando dos nuevas columnas. Siguiendo con el ejemplo de la columna Verbalizaciones Estudiante, la reestructuración dará lugar a dos variables “VerbGuiado” y “VerbAuto”. En este caso para calcular el valor de “VerbGuiado” se calculó la media de las tres sesiones que realizaron los estudiantes de forma guiada (uno con cada interfaz: papel, digital y tangible). Para “VerbAuto”, se tomaron los tres valores de Verbalizaciones Estudiante cuando ha realizado el experimento de forma autónoma (una vez con cada interfaz) y se obtuvo el promedio. En la Figura 19 se muestra un ejemplo del grupo de Costa Rica.

	A	E	C	D	E	F	G	H
1	Estudiante	SubcoID	VerBucato	VerAuto	ConfEstVerBucato	ConfEstVerAuto	IndEstVerBucato	IndEstVerAuto
2	Charlyn	0	2,553099977	1,238055238	0,532159968	0,126884127	1,469928674	1,104761905
3	Fabían	1	2,607230107	1,104166667	0,548951049	0,133333333	1,281258781	1,475
4	Angie	2	1,818888888	0,982992998	0,588888888	0,185185185	1,288888888	1,254870988
5	Ticivay	3	3,537017017	0,518816815	1,699974074	0,248748741	0,907837807	1,801570170
6	Ernanuel	4	2,67937937	1,296296296	1,007407407	0	1,025925926	2,981481481
7	Mates	5	2,171861472	0,813071895	0,567215007	0,222222222	0,879707071	1,211372549
8								
9	Ejemplo para Charlyn							
10		VerBucato	VerAuto					
11	Papel	1,147548984	1,714285714					
12	Digital	4,611578947	0,5					
13	Tangible	2,88	1,4					
14	Promedio	3,55309977	1,238095238					
15								
16								

Figura 19: Hoja de reestructuración de datos para el factor Estilo de Instrucción del grupo de Costa Rica.

Finalmente, para el procesamiento de datos se procedió a copiar los valores de las columnas con las conductas observada a SPSS para su procesamiento. En la Figura 20 se muestra un ejemplo de la configuración de las columnas para el procesamiento con SPSS.

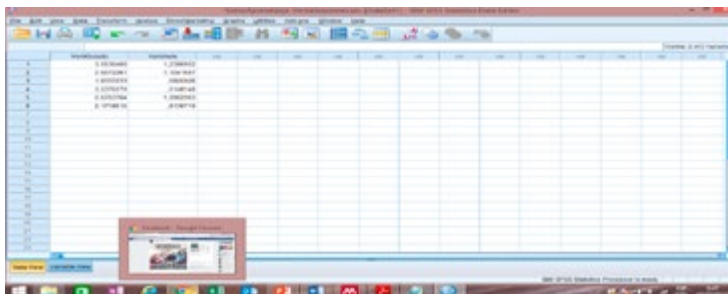


Figura 20: Procesamiento de datos con SPSS

# Capítulo 5

## 5. KITERACY

En este capítulo se describe la información técnica de la propuesta computacional que se desarrolló para fortalecer la interacción en el proceso de lectura inicial de estudiantes con síndrome de Down. Se escriben tres prototipos realizados: TIC@ULA, un repositorio en la web de objetos de aprendizaje de los dos métodos de lectoescritura investigados. Por su parte, KITERACY es un kit de objetos físicos o tangibles basados en el método de lectoescritura Global. Finalmente, KITERACY PiFo, es un kit de objetos físicos o tangibles basados en el método de lectoescritura PiFo. En la Figura 21 se puede observar un esquema general de los tres prototipos.



*Figura 21: Esquema de los prototipos: Tic@ula, Kiteracy y Kiteracy PiFo.*

En la Figura 21 se pueden diferenciar tres tipos de elementos: tarjetas de cartulina o papel plastificado, tabletas con información

digital multimedia y objetos físicos fabricados con una impresora 3D, juguetes o foamix. Para Kiteracy se construyeron 24 objetos tangibles agrupados en 4 categorías (animales, frutas, hogar, entretenimiento). Para Kiteracy PiFo se construyeron 12 objetos (las 5 vocales, la consonante “m” y un objeto tangible por cada letra). Cada objeto tiene insertado un microchip que provee un código identificador único. Kiteracy tiene un sensor conectado a un computador por medio de un cable USB puede leer e identificar dichos códigos. Kiteracy tiene el software que permite identificar los códigos RFID de cada objeto, previamente configurados. Al integrar el lector y el repositorio se visualiza la información en uno o varios computadores, tabletas o teléfonos inteligentes según las necesidades del profesorado.

En el prototipo basado en el método Global se presenta una tarjeta virtual que contiene el pictograma de un determinado objeto, la palabra correspondiente con el artículo, por ejemplo, “la oveja”, y la pronunciación de la palabra. En el prototipo basado en el método pictofónico se presenta también una tarjeta virtual con el pictograma asociado a la letra identificada, así como el grafema de la letra, la pronunciación del fonema y un video del trazo del grafema. Además, en este prototipo se pueden combinar dos letras físicas en el sensor, una consonante y una vocal, en el cual el software presenta el grafema de la sílaba y su pronunciación. El prototipo Kiteracy PiFo incluye con un oso perezoso de peluche que esconde el sensor, con el fin de invisibilizar la tecnología y que el estudiante pueda concentrarse en la actividad más que en la tecnología en sí.

La arquitectura del sistema permite una estructura flexible y escalable para incorporar nuevos elementos de estudio, actividades lúdicas o configuración del tipo de letra (script o latina), fondo de pantalla (blanco, negro), tipo de voz de la pronunciación (hombre, mujer, niña, niño) o lenguaje (español, inglés). A continuación, se detallan los aspectos técnicos de los tres prototipos.

### **5.1. Repositorio de objetos de aprendizaje**

TIC@ULA (Tecnologías de la Información y la Comunicación en el aula costarricense) es un repositorio basado en el estándar de metadatos de objetos de aprendizaje (LOM, Learning Object Metadata) propuesto por el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers). Los metadatos de los objetos de aprendizaje proporcionan una información adicional a materiales digitales que facilitan su clasificación y recuperación (Barker, 2005). Con el fin de organizar la información con esta propiedad se diseñó una arquitectura de bases de datos relacional. El diagrama del Modelo Entidad-Relación (MER) se muestra en la Figura 22.

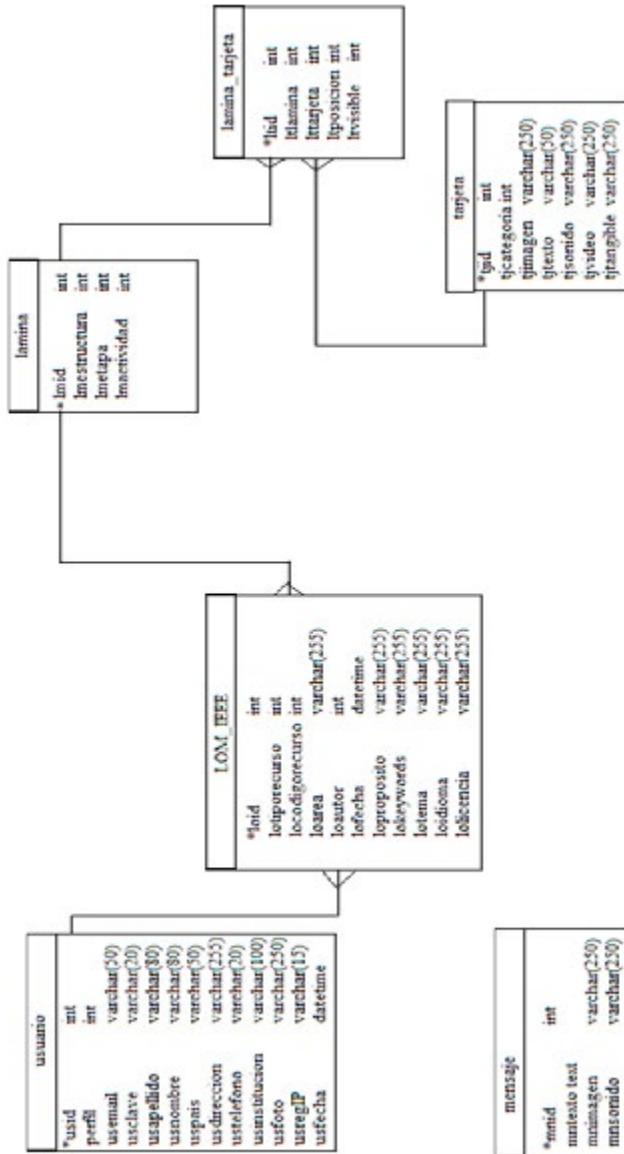


Figura 22: Modelo Entidad-Relación del repositorio Tic@ula.

La tabla usuario fue diseñada para almacenar información del profesorado y administradores de la plataforma. El campo id es un identificador secuencial único, el campo perfil es de dos tipos, 0 si es un maestro o maestra y 1 si es administrador. El resto de campos, nombre, apellido, email, clave, país, dirección, teléfono, institución, foto almacenan los datos del profesorado. Los campos userIP y usfecha registran el número IP del lugar donde se conecta y la fecha de conexión.

La tabla LOM\_IEEE fue diseñada para almacenar información adicional de los recursos educativos, en este caso las láminas que se componen de tarjetas. Esta tabla se relaciona con la tabla usuario y lamina y tiene los siguientes campos: loid, lotiporecurso, locodigorecurso, loarea, loautor, lofecha, loproposito, lokeywords, lotema, loidioma, lolicencia.

La tabla tarjeta es la que almacena información de las tarjetas digitales, el campo tjid es un identificador único, el campo tjcategoría hace referencia al método (Global o PiFo), el campo tjimagen guarda la ruta de un archivo de imagen, de igual forma los campos tjsonido y tjvideo El campo tjtexto es el nombre del concepto de estudio (palabra o vocal), que es mostrado junto con el pictograma o bien sirve para la conversión text-to-speech. Finalmente, el campo tjtangible es el que almacena el código RFID y se asocia con la tarjeta virtual.

La tabla lamina fue diseñada para crear actividades de selección, memoria, denominación, entre otras. Una lámina está compuesta de tarjetas y éstas se relacionan en la tabla lamina\_tarjeta.

La tabla mensaje está diseñada para almacenar mensajes de sistema, es decir mensajes de error o retroalimentación, que pueden incluir además una imagen o sonido.

La plataforma Tic@ula fue diseñada para que un usuario pueda acceder a los recursos del método Global, que fueron proporcionados por la autora del método. La plataforma provee dos tipos de acceso, uno sin registro en el cual un usuario puede visualizarlos en un explorador web, así como imprimirlos o bien descargarlos en un archivo con formato PDF. Por otro lado, solamente si el usuario desea crear y compartir recursos educativos tiene que registrarse y llenar el formulario con la información de los metadatos antes de subir nuevas láminas. En la Figura 23 se muestra una captura de pantalla de Tic@ula.



Figura 23: Página de Tic@ula con recursos del método Global.

El prototipo fue desarrollado con tecnología PHP/MySQL junto con HTML5, CSS3 y JavaScript. El módulo de búsqueda fue desarrollado por Liliana Pérez, estudiante de la Maestría Profesional en Computación e Informática de la Universidad de Costa Rica, como parte de su proyecto de graduación. Esta colaboración permitió articular una colaboración entre el programa de Doctorado y Maestría. La plataforma fue alojada en un servidor Linux del Centro de Investigaciones en Tecnologías de la Información y Comunicación (CITIC) con el dominio <http://ticaula.citic.cr>

Una vez que se implementó la plataforma se validó su funcionamiento con la pedagoga Virginia Zirotti, pedagoga de la fundación Asindown de Valencia, quien ha trabajado 20 años con el método Global para la enseñanza de la lectura y escritura a estudiantes con síndrome de Down. El procedimiento de evaluación se llevó a cabo con una entrevista a profundidad, la cual fue transcrita y procesada con la técnica de análisis de contenido con el fin de identificar ventajas y desventajas. Entre las ventajas, la pedagoga destacó que al estar en línea el profesorado de varias instituciones puede acceder desde cualquier lugar y ahorrar tiempo en el diseño de material. Otra ventaja que destacó fue que se puede diseñar y subir láminas personalizadas según las necesidades de cada estudiante. Entre las desventajas se mencionó que la plataforma ofrece únicamente las láminas, pero no actividades que permitieran trabajar directamente con los estudiantes.

## 5.2. Kit basado en el método global

Para desarrollar una herramienta computacional basada en Interfaces de Usuario Tangibles basada en el método de lectoescritura Global, se utilizó la metodología Design Thinking orientada al desarrollo de soluciones creativas e innovadoras, centrándose en el usuario y adoptando un enfoque de diseño. Esta metodología se basa en cinco fases: Empatiza, Define, Idea, Prototipa y Prueba.

En la fase Empatiza, la empatía es la base del proceso de diseño que está centrado en las personas y los usuarios. La fase Define trae claridad y enfoque al espacio de diseño en que se definen y redefinen los conceptos. En la fase Idea, se entregan los conceptos y los recursos para hacer prototipos y crear soluciones innovadoras. La fase Prototipa, se refiere a la generación de elementos informativos como dibujos, artefactos y objetos con la intención de responder preguntas que se acerquen a la solución final. La fase Prueba, consiste en solicitar retroalimentación y opiniones sobre los prototipos que se han creado, por parte de los mismos usuarios y colegas (Hasso, 2013). En la Figura 24 se presentan los objetivos que se plantearon en cada una de las fases y los instrumentos utilizados para recabar y sintetizar la información.

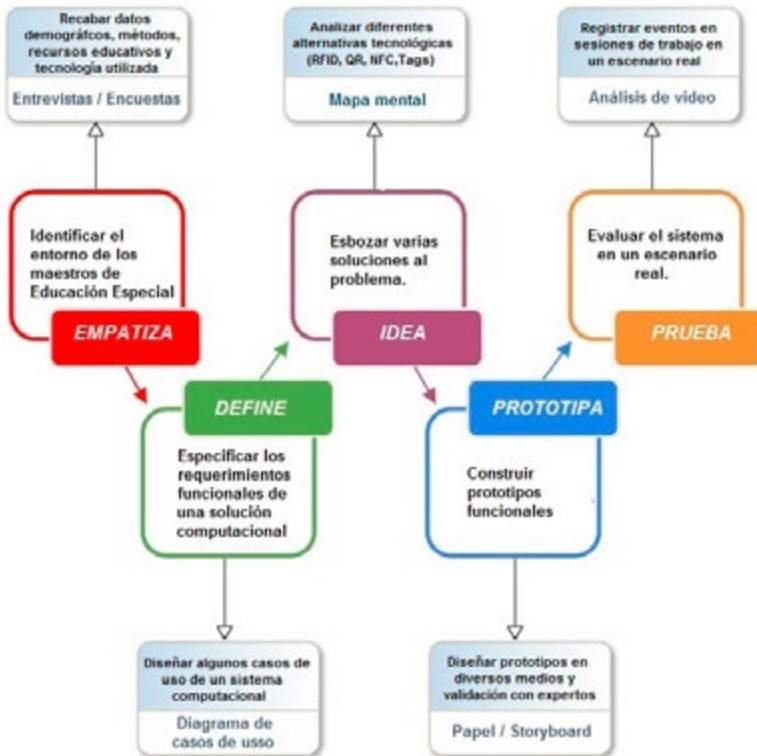


Figura 24: Metodología Design Thinking para el desarrollo de prototipos.

### 5.2.1. Fase Empatiza

En esta fase se realizó una observación in-situ o exploración del medio a través de información proporcionada por maestros, pedagogos, psicólogos e incluso padres de familia, para entender el problema. La metodología diseñada para recolectar información acerca de la problemática de la alfabetización de estudiantes con discapacidad intelectual fue dividida en tres etapas.

En la Etapa 1, después de aplicar una encuesta a 10 maestras de Educación Especial en Ecuador, en la Fundación Virgen de las Mercedes (FUVIME) de la ciudad de Quito y una encuesta a 5 maestras de Educación Especial de la Facultad de Educación de la Universidad de Costa Rica en la ciudad de San José, se identificaron aspectos referentes a los métodos y recursos empleados en el proceso de alfabetización. El 100 % de las maestras encuestadas estuvieron de acuerdo en que la enseñanza y el aprendizaje de la lectura y la escritura son básicos y fundamentales para el desenvolvimiento normalizado de cualquier persona. Las maestras pusieron en evidencia que los estudiantes con discapacidad intelectual precisan educarse de la manera más normalizada posible, y que el uso de instrumentos de mediación facilitaría su labor en la enseñanza de la lectoescritura.

Con la retroalimentación de las maestras entrevistadas en Costa Rica, se pudo conocer que existen tres tipos de métodos de alfabetización: sintético, analítico y ecléctico. Los sintéticos o ascendentes, parten del conocimiento de las letras aisladas, luego la formación de las sílabas y poco a poco la lectura y escritura de palabras, frases y oraciones empleando las letras y combinaciones silábicas que ya conocen. Los analíticos o descendentes, también denominados globales, parten de las estructuras más complejas del lenguaje, lectura de palabras o frases que luego se dividen en sílabas y palabras, respectivamente, para su aprendizaje. Los eclécticos combinan las características de los métodos analíticos y sintéticos, y se toman las ventajas que ofrece cada uno de los métodos.

En la Etapa 2, se profundizó la investigación en los dos métodos de lectoescritura, para ellos se contactó directamente a las autoras para realizar una entrevista estructurada en forma presencial. En el primero caso, se viajó a Santander, al norte de España para entrevistar a María Victoria Troncoso y Mercedes del Cerro de la Fundación Iberoamericana de Cantabria Down21, quienes desarrollaron el método global de lectura y escritura para estudiantes con síndrome de Down<sup>2</sup>. Las autoras explicaron que el método utiliza láminas y tarjetas como instrumentos de mediación para el proceso de alfabetización, cada lámina contiene un pictograma y una palabra con el fin de que el estudiante asocie de forma global el objeto del pictograma con la palabra y su pronunciación (Troncoso & Mercedes, 2009). En el segundo caso, se contactó en Costa Rica a María de los Ángeles Carpio, catedrática de la Facultad de Educación de la Universidad de Costa Rica y autora del método sintético Pictofónico (PiFo) orientado a estudiantes de educación inicial y con discapacidad intelectual. La autora explicó que el método utiliza tarjetas, cada una con el grafema de una vocal o consonante. La tarjeta también muestra un pictograma relacionado a cada grafema. El método complementa esta asociación con un video que indica el trazo del grafema y su relación con el pictograma y respectivo fonema (Carpio, 2012).

En la Etapa 3, se llevó a cabo una investigación observacional in-situ con el objetivo de entender la aplicación de los métodos y los instrumentos de mediación del aprendizaje. Se visitó una institución de Educación Especial de Ecuador, Costa Rica y España respectivamente. En Ecuador, en la Fundación Virgen de

2 <http://www.down21materialdidactico.org/librolectura/>

las Mercedes (FUVIME), las maestras trabajaron con el método ecléptico y manifestaron que no existe un método específico, y que depende mucho de las necesidades de cada estudiante. En Costa Rica, se realizó una observación del proceso de alfabetización de estudiantes con discapacidad intelectual en la Asociación Comunitaria de Coronado para personas con Necesidades Especiales (ACOCONE). El profesorado trabajó con un método sintético fonético y utiliza láminas diseñadas por ellos mismos. En España, se realizó una observación de estudiantes con síndrome de Down en la Asociación Down de Valencia (ASINDOWN). Los docentes utilizaron el método global propuesto por la autora Troncoso y manifestaron que han tenido excelentes resultados al aplicarlo por aproximadamente 15 años. En los tres casos se pudo evidenciar que los estudiantes aprenden de la imitación de sus maestras y que para el proceso de alfabetización se utilizan láminas y tarjetas como recursos de mediación del aprendizaje. Con respecto al uso de la tecnología, las maestras concuerdan en que esta podría ayudar a motivar a sus estudiantes, sin embargo, por su desconocimiento no se explota su potencial.

### **5.2.2. Fase Define**

En esta fase se trabajó en la especificación de requerimientos funcionales de un sistema computacional, con el fin de formular un modelo de procesos y los requerimientos más importantes que se necesitaron para el diseño de la interfaz tangible. En la Figura 25 se muestra un diagrama de casos de uso, producto de esta fase

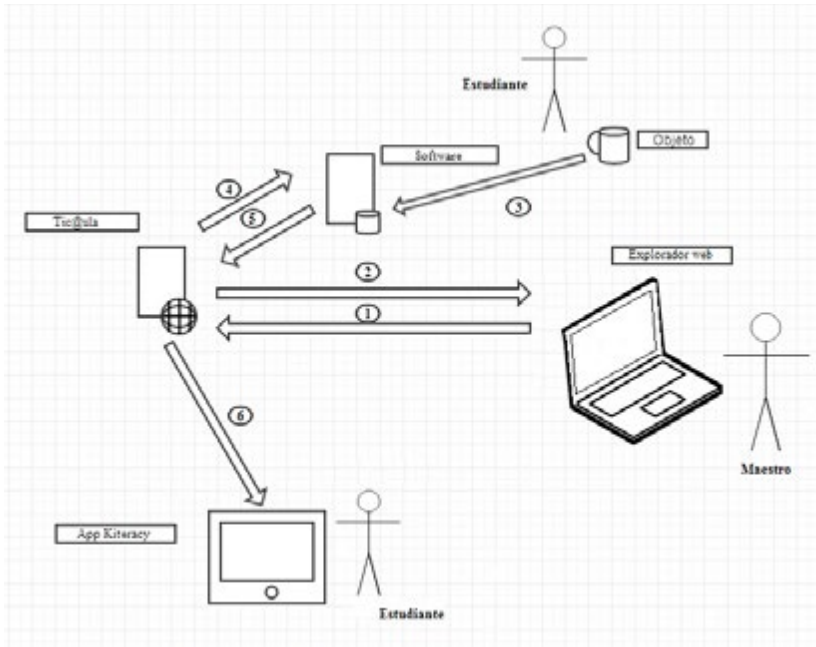


Figura 25: Diagrama de casos de uso de la Interfaz de Usuario Tangible.


ID.	Módulo	Descripción	Complejidad
IS-RF1	Ingreso al sistema	Al iniciar la aplicación se le debe mostrar al usuario una pantalla de inicio en la cual pueda ingresar información de la sesión	Alta
<p>Prototipo</p> 			
	Campos	Tipos de Datos	Reglas o Restricciones
	Criterio de aceptación	El usuario puede ingresar información en los casilleros: No. de sesión, tutor, estudiante y duración	Ninguno debe quedar en blanco
		El usuario puede seleccionar opciones en listas desplegables: Estilo de Instrucción, Interfaz, Lenguaje, y Voz	
		El usuario puede seleccionar las letras de estudio	Sólo para el método PiFo
		El usuario puede dar clic en el botón Empezar	
		El usuario puede dar clic en el botón Atrás	

Figura 26: Ejemplo del requerimiento funcional de Inicio de sesión de Kiteracy.

Se diseñaron los elementos y la funcionalidad de los prototipos acordes a las necesidades del profesorado y/o terapeutas. Se consideraron aspectos de parametrización y configuración que faciliten la aplicación de las estrategias de enseñanza (Garzotto & Gonella, 2011).

En el diagrama de casos de uso de la Figura 25 se pueden observar dos actores, profesorado y estudiantes. Las acciones que puede hacer el profesorado se concentran en los pasos 1 y 2, en las cuales el profesorado alimenta el repositorio de objetos de aprendizaje Tic@ula y configuran una nueva sesión de trabajo. En el paso 3 el estudiante selecciona un objeto tangible y este es identificado por el Software de reconocimiento. En el paso 4, se identifica un código y con éste se busca información en el repositorio Tic@ula. Si no existe información del código se notifica al usuario en el paso 5. En caso de encontrar una coincidencia se envía la información a un dispositivo móvil en el paso 6.

Una vez que se sintetizó el flujo de información en el diagrama de casos de uso, se trabajó en cada uno de los pasos para sistematizar el proceso de especificación de requerimientos funcionales. En la Figura 26 se muestra un ejemplo para el inicio de sesión de un usuario, en la que se muestra un código para el proceso, el nombre del módulo, una descripción y el grado de complejidad. Seguidamente se muestra un bosquejo de la interfaz, los campos, tipos de datos; así como los criterios de aceptación y restricciones.

### 5.2.3. Fase Idea

En esta fase se esbozaron posibles ideas para la implementación de la interfaz tangible. Se aplicó la técnica grupal “lluvia de ideas” también denominada brainstorming, Esta es una técnica que facilita el surgimiento de nuevas ideas sobre un tema o problema determinado (Saffer, 2007; O. Shaer, 2009). La técnica fue aplicada en el grupo de investigación USING (USer INteraction Group), conformado por el Dr. Luis Guerrero, profesor investigador de la Escuela de Ciencias de la Computación e Informática (ECCI) de la Universidad de Costa Rica; así como también dos estudiantes de maestría y cuatro estudiantes de doctorado de la misma escuela. El facilitador fue el profesor, quien tiene mucha experiencia en el campo de Interacción Humano-Computador. El proceso realizado se resume en los siguientes pasos.

El facilitador escribió en el pizarrón la consigna y explicó la problemática.

Después de presentar la consigna, se dio un tiempo a los participantes para que pudieran desarrollar sus ideas.

Pasado un tiempo de aproximadamente 10 minutos se listaron todas las ideas en el pizarrón.

El facilitador enumeró todas las ideas y se dio un tiempo de 10 minutos a los participantes para que las evaluaran.

El facilitador pidió a los participantes que se asigne un peso entre 1 y 5 a cada una de las ideas listadas, siendo 5 la de mayor prioridad o factibilidad. Se consideraron tres aspectos, el tipo de identificación, el costo de implementación y la distancia de reconocimiento.

Posteriormente el facilitador recogió todas las calificaciones, las tabuló y se sumaron quedando ordenadas.

Los resultados de la “lluvia de ideas” se resumen en el mapa mental de la Figura 27, en el que se propusieron 10 tecnologías, que se ordenan a continuación por mayor ponderación:

RFID (Identificador de Radio Frecuencia) con 15 puntos

Códigos QR con 12 puntos

Código de barras con 12 puntos

Microsoft Kinect con 12 puntos

Bluetooth con 12 puntos

Beacons con 11 puntos

Infrarrojos (IR) con 11 puntos

WI-FI con 9 puntos

NFC con 6 puntos

Reconocimiento de patrones con 6 puntos



Figura 27: Mapa mental de las soluciones propuestas en la técnica "lluvia de ideas".

## 5.2.4. Fase Prototipa

En la fase de Prototipa se aplicaron los principios de diseño centrado en el usuario descritos en el marco teórico (Saffer, 2007). Para las primeras reuniones de trabajo con los expertos se utilizó un prototipado en papel y la técnica de storyboard con el fin de determinar la secuencia de las tareas del sistema.

El contenido de los conceptos de estudio fue trabajado en un equipo interdisciplinario compuesto por una pedagoga, un experto en HCI y el experimentador con formación en Ingeniería de Sistema. El resultado fue un conjunto de 24 conceptos de estudio agrupados en 4 categorías (animales, frutas, hogar, entretenimiento), como se muestra en la Figura 28.



Figura 28: Interfaz gráfica con 24 conceptos de estudio para el método Global.

En la interfaz tangible se construyeron dos prototipos, uno con códigos QR y otro con tecnología RFID. En la Figura 29 se muestra el prototipo con tecnología QR.



Figura 29: Prueba de un prototipo con códigos QR para identificación de objetos tangibles.

El segundo prototipo se basó en un sistema de reconocimiento de objetos físicos por medio de un sensor que usa tecnología RFID. Esta tecnología permite identificación mediante radiofrecuencia sin necesidad de contacto directo entre un microchip (RFID tag) y un dispositivo lector. Por cada concepto de estudio se diseñaron dos tipos de instrumentos de mediación físicos: tarjetas de cartulina y juguetes de bajo costo, a los que se insertó el microchip RFID, como se puede observar en la Figura 30.



*Figura 30: Tarjetas de cartulina, objetos tangibles y tarjetas virtuales del método Global.*

### **5.2.5. Fase Prueba**

En la Fase Prueba se evaluó la primera versión del prototipo RFID con una prueba conocida como Thinking Aloud, que es un test propuesto por Jakob Nielsen en 1993 y consiste en que se le pide al participante que use un sistema mientras piensa continuamente en voz alta, verbalizando sus pensamientos mientras se mueve por la interfaz de usuario (Ortíz, 2003). Este test es utilizado para medir la usabilidad de un producto, y se necesitan localizar

usuarios representativos, darles tareas relevantes y esperar a que el usuario diga en voz alta sus pensamientos.

Las pruebas consisten primordialmente en realizar una experimentación, por lo general en un laboratorio, formalizando una serie de tareas que deben realizar los usuarios mientras son monitoreados. Se selecciona a un grupo de usuarios, que pueden o no ser usuarios habituales de dicha aplicación, dependiendo de los objetivos de la prueba, y se les solicita que lleven a cabo las tareas más representativas para las cuales fue diseñada.

En la presente investigación fue factible utilizar el test con pares investigadores del grupo de investigación USING (USer INteraction Group) para evaluar la usabilidad del prototipo como se muestra en la Figura 31.



*Figura 31: Aplicación del test Thinking Aloud con pares del grupo de investigación USING.*

Posteriormente este test se aplicó a maestras de Educación Especial, sin embargo, por las condiciones cognitivas de los estudiantes con síndrome de Down, no fue factible aplicar el test a los estudiantes, en su lugar se utilizaron otras técnicas observacionales, como la grabación de video.

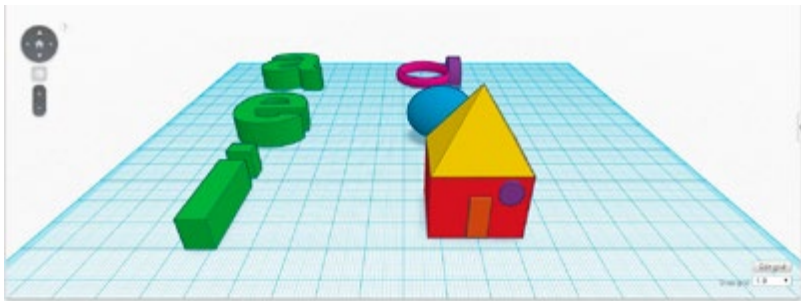
### **5.3. Kit basado en el método PiFo**

Kiteracy PiFo es una extensión del prototipo Kiteracy e incorpora una interfaz basada en Computación Ubicua y técnicas de Procesamiento de Lenguaje Natural. Este prototipo se enfoca en la etapa perceptual del método PiFo orientada al desarrollo de la conciencia fonológica y el establecimiento de las reglas de correspondencia grafema fonema, apoyado por tarjetas de cartulina y tarjetas digitales con pictogramas que representan la palabra clave de cada vocal. Incluye, además, las vocales en 3D, adheridas a un tag RFID tipo tarjeta, y utiliza también un objeto físico, un juguete de plástico o madera, que representa la palabra clave de cada vocal (por ejemplo, el grafema “i” se asocia con una iglesia), al que se incrusta un tag RFID. Este nuevo prototipo fue diseñado para invisibilizar la tecnología, con el fin de que el estudiante se concentre en las actividades antes que en la tecnología. Para ello se utilizó un oso perezoso de peluche, que tiene incorporado un sensor RFID. El peluche esconde en su libro el sensor RFID y actúa de asistente de lectura. En la Figura 32 se muestra el oso de peluche, el sensor RFID y los objetos tangibles (letras y objetos).



*Figura 32: Diseño de Kiteracy PiFo basado en el método de lectoescritura PiFo.*

Para el diseño de las tarjetas y objetos se utilizó el software TinkerCad con el fin de imprimirlas en una impresora 3D. En la práctica se imprimieron únicamente las letras, mientras que los objetos fue más fácil conseguir juguetes de bajo costo. En la Figura 33 se muestra una captura de pantalla del diseño de objetos en TinkerCad.



*Figura 33: Diseño de los objetos de impresión 3D en la herramienta Tinkercad.*

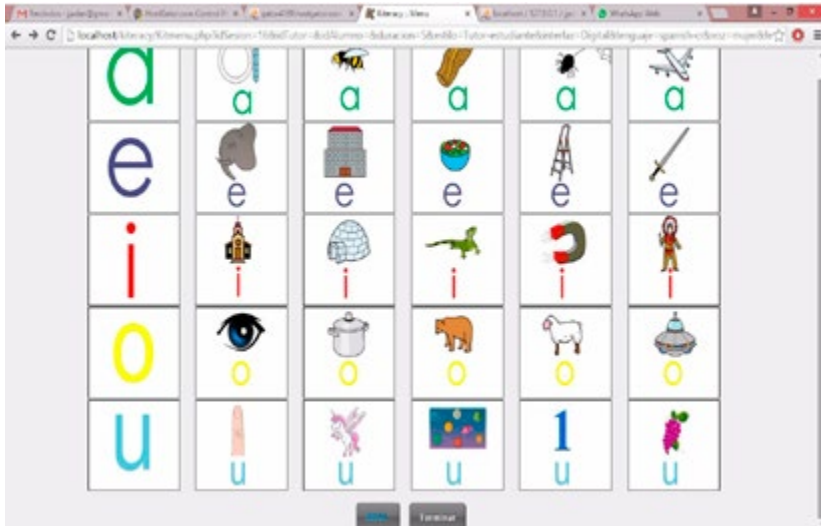


Figura 34: Interfaz gráfica para el prototipo Kiteracy PiFo.

También se diseñaron 25 tarjetas pequeñas (flash cards), 5 por cada vocal, cada una con un pictograma diferente y la vocal. Estas fueron almacenadas en el repositorio Tic@ula y también impresas en cartulina. En la Figura 34 se muestra una captura de pantalla de la versión digital del prototipo.

Finalmente, se construyó el kit como se muestra en la Figura 35 con la capacidad de reconocer objetos a través de un juguete o bien por medio de letras tangibles individuales que forma las sílabas y las palabras.



*Figura 35: Prototipo Kiteracy PiFo .*

Estos tres prototipos fueron los instrumentos de evaluación, que permitieron comparar la interacción de los estudiantes con síndrome de Down en un escenario real. Estos resultados se muestran en el siguiente capítulo.

# Capítulo 6

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se sintetizan los resultados y hallazgos encontrados en la investigación. Esta información se estructura en función de los objetivos y en cada uno de ellos se responde a la pregunta de investigación planteada. El análisis de los datos se realizó de forma cualitativa y cuantitativa. Cualitativamente mediante observaciones, entrevistas y encuestas. Cuantitativamente mediante estadística descriptiva, tablas de medias y gráficos.

### 6.1. Recopilación de información para el diseño de la arquitectura

La recopilación de información inicial corresponde al primer objetivo, Diseñar una arquitectura tecnológica que facilite la abstracción de métodos de lectoescritura utilizados en Educación Especial, en el cual se planteó la pregunta de investigación ¿Qué métodos y recursos educativos pueden apoyarse con la tecnología para fomentar la interacción en el proceso de lectura inicial aplicado a estudiantes con síndrome de Down?

Para responder a esta pregunta se realizó el estado de arte sobre tecnologías de apoyo a procesos de alfabetización en Educación Especial. Para ello primeramente se realizó una revisión bibliográfica exploratoria, en la cual se identificaron TIC relacionadas al desarrollo de habilidades de lenguaje y alfabetización en población infantil con necesidades educativas

especiales. Se encontraron TIC que apoyan el aprendizaje de estudiantes con discapacidad, tales como, visual, auditiva, lenguaje, física e intelectual, que fueron descritas en el Capítulo 1, en la sección del Estado del arte.

Posteriormente se realizó un mapeo sistemático de literatura con el fin identificar problemas abiertos en el campo de Interfaces de Usuario Tangible. En este proceso se categorizaron las áreas de investigación de 59 artículos de un total de 180 encontrados en 5 bases de datos con la cadena de conexión y protocolo de inclusión y exclusión (ver Anexo A).

Los resultados encontrados fueron categorías de investigación y los problemas abiertos dentro de estas categorías. Se pudieron identificar que estudios relacionados a procesos de lectura inicial en estudiantes con síndrome de Down es un campo poco explorado. Lo que dio sustento para llevar a cabo la investigación.

En la investigación de campo se contactaron instituciones y expertos de Educación Especial en tres países, Ecuador, Costa Rica y España; con el objetivo de identificar métodos, recursos educativos y TIC utilizadas en procesos de alfabetización. A continuación, se analizan los resultados encontrados en tres etapas del proceso.

En la Etapa 1, se utilizaron encuestas dirigidas al profesorado de Educación Especial para explorar los métodos de enseñanza a la población infantil con discapacidad intelectual. En la Etapa 2, se realizó una entrevista semiestructurada a una pedagoga

española, autora de un método de lectoescritura para estudiantes con síndrome de Down y también a una maestra de Educación Especial costarricense, autora de un método de lectoescritura para estudiantes de educación inicial. En la Etapa 3, con el fin de identificar la aplicación de los métodos de lectoescritura se desarrolló una investigación observacional en tres instituciones de Educación Especial, una en cada país arriba mencionados.

Los resultados de las entrevistas permitieron identificar los dos métodos de lectoescritura antes mencionados y conocer de primera mano de sus autoras los contenidos, fases, materiales y lecciones aprendidas en casi 20 años de aplicación en España y Costa Rica. Las encuestas permitieron identificar los recursos y actividades que utilizan las maestras de Educación Especial para el proceso de lectura inicial. En la Figura 36 se presentan los resultados sobre las actividades que realizan las 8 maestras encuestadas.

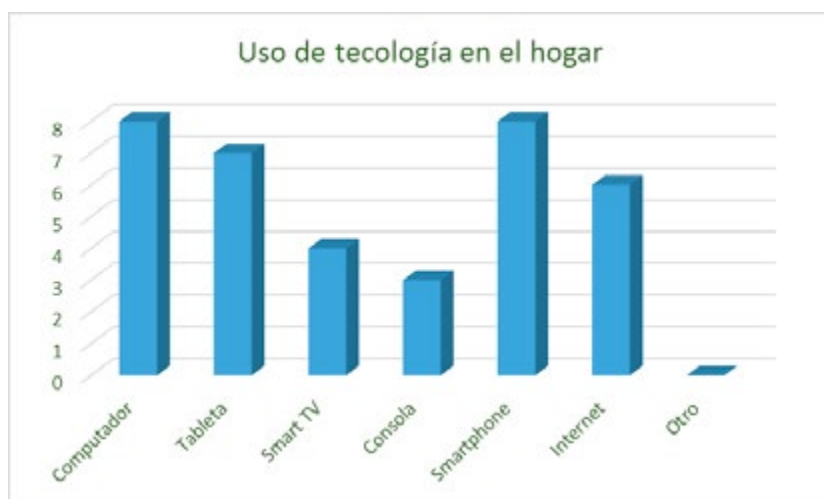


Figura 36: Resultados encuesta a Maestras de Educación Especial sobre actividades en lectura inicial

El 100% de las maestras utilizan cuentos y juegos como actividades lúdicas para motivar a sus estudiantes en el proceso de lectura inicial. Indican que es una manera en que los estudiantes se aburran debido a las actividades repetitivas, propias del proceso. En un número menor, el 75% de las maestras indica que las canciones ayudan a que los estudiantes desarrollen habilidades lingüísticas y de asociación; así como el desarrollo de la memoria al recordar las letras de las canciones debido al ritmo. Las actividades de la vida cotidiana y manualidades son utilizadas en un 62.5% de las maestras, porque creen que los estudiantes necesitan aprender a ser independientes. Finalmente, un 50% de las maestras desarrollan tutorías personalizadas maestra-estudiante. Este último resultado se debe a que las maestras entrevistadas en España laboran en un centro de Educación Especial por tutorías,

mientras que las maestras restantes corresponden a Costa Rica, en donde trabajan con los estudiantes dentro del aula, junto a otros estudiantes con discapacidad intelectual.

En la Figura 37 se muestran otros resultados relevantes con respecto al uso de la tecnología por parte del profesorado. La encuesta del Anexo F se enfocó en explorar el uso que las maestras dan a la tecnología en su hogar y en sus actividades diarias.



*Figura 37: Resultados de la encuesta a Maestras de Educación Especial sobre uso de tecnología*

Se puede apreciar que el Computador y los teléfonos inteligentes son los que el 100% de las maestras utilizan. Al preguntarles sobre su uso, supieron manifestar que el computador y el Internet les ayuda a preparar material para sus clases, sin embargo, el uso en el aula es limitado. Con respecto a los teléfonos inteligentes,

el principal uso es el de comunicación a través de telefonía móvil y redes sociales. Este dispositivo al igual que las tabletas no son utilizadas como recursos educativos en el aula o terapias. Las tabletas son usadas en un 87.5% de igual forma para navegar por redes sociales y lectura de noticias y libros digitales. Estos dispositivos los han utilizado alguna vez con sus hijos, pero no dentro del aula o terapia con sus alumnos. Un 75% de las maestras tiene acceso a Internet y principalmente es usado para buscar información y comunicación. En España se pudo observar que existe una sola computadora de escritorio con acceso a Internet, en ella las maestras se turnan para que el estudiante interactúe con juegos educativos y/o videos.

La encuesta sobre datos demográficos y diagnóstico de las dificultades de los estudiantes (Anexo G) generó como resultado la información sobre el nivel de desarrollo con respecto a las funciones cognitivas de los estudiantes con síndrome de Down. En la Tabla 13 se resumen el nivel de desarrollo de las funciones cognitivas del grupo de España. La información fue proporcionada por las cuatro pedagogas de la Fundación Asindown de Valencia.

**Tabla 13: Nivel de desarrollo de funciones cognitivas de estudiantes de España**

<b>Función cognitiva</b>	<b>Mala</b>	<b>Regular</b>	<b>Buena</b>	<b>Muy buena</b>	<b>Excelente</b>
Percepción visual		5	4	3	
Percepción auditiva		3	3	6	

Emitir y articular palabras	1	5	6		
Simbolización y representación	2	5	4	1	
Atención		1	5	1	5
Discriminación		1	6	3	2
Selección	2	2	5	3	
Denominación		4	3	5	
Memoria a corto plazo		4	5	2	1
Memoria a largo plazo	1	3	6	2	
Coordinación visomotora (iniciativa)	2	4	4	1	1
Coordinación visomotora (control)	1	5	4	2	

Fuente: Encuesta realizadas a las 4 pedagogas de la fundación Asindown de Valencia

A la izquierda se presentan las funciones cognitivas que se establecieron con la pedagoga Virginia Zirotti, quien tiene 20 años de experiencia en la enseñanza de la lectura y escritura a

estudiantes con síndrome de Down. A la derecha se consideró una escala Lickert de 5 niveles para conocer el número de estudiantes por cada categoría. Un dato interesante en este grupo es que a diferencia de lo que dice la bibliografía de que la percepción visual tienen mejor desarrollada que la auditiva (Kumin, 2014), 6 de los 12 estudiantes tienen una muy buena percepción auditiva. En general la mayoría de las funciones cognitivas tienen un nivel intermedio de desarrollo, por la concentración de estudiantes en esta categoría.

Por otro lado, se presentan también en la Tabla 14 los resultados del nivel de desarrollo de las funciones cognitivas en el grupo de 6 estudiantes de la Fundación Centeno Güell. En este caso se utilizó la misma encuesta aplicada en España, con ciertas modificaciones sugeridas por la profesora María de los Ángeles Carpio, autora costarricense de la Escuela de Orientación y Educación Especial de la Universidad de Costa Rica, quien tiene más de 15 años de experiencia en el campo de la Educación Especial.

**Tabla 14: Nivel de desarrollo de funciones cognitivas de estudiantes de Costa Rica**

<b>Función cognitiva</b>	<b>Mala</b>	<b>Regular</b>	<b>Buena</b>	<b>Muy buena</b>	<b>Excelente</b>
Percepción visual		4	2		
Percepción auditiva		2	3	1	
Emitir y articular palabras		5	1		

Simbolización y representación		3	3		
Atención		2	3	1	
Discriminación		3	2	1	
Selección		3	3		
Denominación		2	3	1	
Memoria a corto plazo		2	3	1	
Memoria a largo plazo		2	3	1	
Coordinación visomotora (iniciativa)		2	4		
Coordinación visomotora (control)		3	2	1	

Fuente: Encuestas realizadas a las 4 maestras de Educación Especial del Centro F. Centeno Güell

La información que se presenta en la Tabla 13 y en la Tabla 14 reflejan las dificultades que tenían los estudiantes al momento de realizar las encuestas a las cuatro maestras de cada grupo. Es importante indicar que cada maestra tenía a cargo hasta dos o tres estudiantes.

Una vez que se tuvo la información consolidada se coordinó una reunión entre el experimentador, la pedagoga Virginia Zirotti y el Dr. Javier Jaen investigador de la Universidad Politécnica de Valencia y experto en el campo de HCI, con el fin de diseñar la evaluación experimental y las variables que recojan datos cuantitativos sobre las conductas observadas en los estudiantes y maestras del grupo de España. Se identificaron cinco áreas de observación: (1) Lenguaje, (2) Motivación, (3) Atención y Percepción, (4) Memoria y (5) Motricidad.

Para el grupo de evaluación en Costa Rica se validaron estas áreas de observación con un grupo similar de expertos, es decir el experimentador, la Dra. María de los Ángeles Carpio, experta en Educación Especial y el Dr. Luis A. Guerrero, director el Programa de Doctorado en Computación de la Universidad de Costa Rica, experto en HCI. A continuación, se describen las variables que representan las conductas observaas.

En el área de lenguaje se intentó explorar si alguna de las interfaces puede fomentar el aprendizaje de nuevo vocabulario a través del número de verbalizaciones que los estudiantes realizan de forma autónoma y guiada por su maestra. Se plantean tres variables de las conductas observadas en esta área.

**Verbalizaciones Estudiante:** Esta variable registra la frecuencia de palabras para el método global o vocales para el método PiFo que pronuncian los estudiantes. El objetivo fue determinar si alguna de las interfaces propiciaba el desarrollo de habilidades lingüísticas.

**Verbalizaciones Maestra:** Esta variable registra el número de palabras o vocales que pronuncian las maestras. El objetivo fue identificar si alguna de las interfaces propiciaba la pronunciación también en las maestras.

**Verbalizaciones Sistema:** Esta variable registra la frecuencia de palabras o vocales que se reproducen en las interfaces con componente computacional, en este caso la digital y la tangible. Con el registro de esta variable se pretendía medir las veces que

el sistema era usado sin que necesariamente el estudiante o la maestra pronuncien alguna palabra o vocal.

En el área de motivación se pretendía observar aspectos de involucramiento y para esto nos basamos en un estudio de Xu, que indica que la forma de medir la interacción es a través de la observación de frecuencias de sonrisas, risas, señales de concentración, motivación o verbalizaciones positivas (Xu et.al, 2009). Por la condición de los estudiantes no era factible aplicar otros métodos de recolección de datos en forma directa, como encuestas, entrevistas o Thinking aloud, por esta razón se basó en este método observacional, que según Hanna, parecen ser el más apropiado para evaluar productos con estudiantes (Hanna et.al, 1997). Las variables para esta área fueron las siguientes:

**Expresiones Afectivas Maestra:** Esta variable registra las expresiones afectivas de la maestra (sonrisas, risas, gestos, signos de emoción), con el fin de determinar si con alguna de las interfaces se genera una mayor motivación y un ambiente confortable para enseñar.

**Expresiones Afectivas Estudiante:** Esta variable registra la frecuencia de expresiones afectivas del estudiante (sonrisas, risas, gestos, cambios de postura, aplausos), con el fin de determinar si con alguna de las interfaces se generan experiencias agradables de interacción.

En el área de atención y percepción se observaron aspectos de la información visual, auditiva y táctil que perciben los estudiantes

con síndrome de Down. Se pretendía aprovechar la ventaja que los estudiantes tienen mejor percepción y retención visual que auditiva (Buckley, 2000) para fortalecer su aprendizaje, y a su vez proveer un estímulo auditivo para apoyar ésta habilidad que por lo general la tienen disminuida (Kumin, 2014; Troncoso & Mercedes, 2009). Las variables planteadas para este fin fueron:

**Porcentaje Iniciado Maestra:** Esta variable registra el porcentaje de exploraciones iniciadas por la maestra, con el fin de determinar aspectos de atención y percepción.

**Porcentaje Iniciado Estudiante:** Esta variable registra el porcentaje de exploraciones iniciadas por el estudiante, con el fin de determinar si alguna de las interfaces propiciaba atención e iniciativa en el proceso de aprendizaje de la lectura inicial.

**Porcentaje Iniciado Conjuntamente:** Esta variable registra el porcentaje de exploraciones iniciadas por la maestra y el estudiante al mismo tiempo, con el fin de determinar si alguna de las interfaces propiciaba iniciativas de ayuda y colaboración.

En el área de la memoria se intentó explorar si alguna de las interfaces puede propiciar la observación del texto escrito y su relación con los objetos de estudio. Es decir, si los estudiantes pudieron memorizar una determinada letra o palabra y relacionarla con el objeto tangible. Las variables planteadas para este fin fueron las siguientes:

Índice Con Estimulo Texto: Esta variable registra la frecuencia por unidad de tiempo en que la maestra hizo énfasis en el texto que acompaña al pictograma de las tarjetas de papel, las tarjetas digitales en la tableta o el texto que aparece en el computador al seleccionar un objeto tangible. El objetivo fue explorar si existe asociación del pictograma con el objeto de estudio mediante actividades de memoria.

Índice Sin Estimulo Texto: Esta variable registra la frecuencia por unidad de tiempo en que la maestra no tomó en cuenta al texto que acompañaba al pictograma de las tarjetas, tableta u objeto tangible, con el fin de determinar si los objetos de estudio llamaban más la atención que la forma en la que estaba escrito.

En el área de motricidad se deseaba medir la calidad de la experiencia que tiene un estudiante cuando interactuaba con los instrumentos tecnológicos. Según (Ortíz, 2003) se mide a través de la observación de la relación que se produce entre las herramientas y quienes las utilizan. Con el fin de medir aspectos de motricidad se plantearon las siguientes variables:

Objetos Diferentes Explorados: Esta variable registra el número de objetos (conceptos) diferentes explorados por cada interfaz, con el fin de explorar el interés de la maestras y estudiantes por determinados tipos de conceptos de estudio.

Total de Exploraciones: Esta variable registra el número de objetos (conceptos) total de exploraciones en cada una las interfaces, con el fin de explorar la facilidad de manipulación de objetos, especialmente en la interfaz tangible.

Problemas Interfaz: Esta variable registra el número de problemas que se presentaron en cada una de las interfaces, con el fin de explorar aspectos de motricidad y facilidad de reconocimiento de los objetos.

En la Tabla 15 se resumen las 13 conductas observadas en cada una de las áreas de interés en la evaluación experimental, planteadas con las expertas en Educación y expertos en HCI.

**Tabla 15: Resumen de las conductas observadas**

<b>Problemas</b>	<b>Conductas observadas</b>
Lenguaje	Verbalizaciones Estudiante
	Verbalizaciones Maestra
	Verbalizaciones Sistema
Motivación	Expresiones Afectivas Maestra
	Expresiones Afectivas Estudiante
Atención y Percepción	Porcentaje Iniciado Maestra
	Porcentaje Iniciado Estudiante
	Porcentaje Iniciado Conjuntamente
Memoria	Índice Con Estimulo Texto
	Índice Sin Estímulo Texto
Motricidad	Objetos Diferentes Explorados Total de Exploraciones
	Problemas Interfaz

Los resultados obtenidos en el desarrollo del primer capítulo fueron validados por pares evaluadores internacionales, al lograr las primeras publicaciones en el período marzo 2013 a Julio 2014. Una de las primeras fue en la Conferencia Latinoamericana de Educación en Informática (CLEI 2013) en Venezuela. En este artículo se presentó una experiencia del desarrollo de tecnologías en Educación Especial y el estado del arte sobre TIC en Educación Especial (Jadan-Guerrero, 2013). El artículo fue seleccionado en la categoría de impacto a la sociedad y se abrió la oportunidad de extender una nueva versión para la revista CLEI Electronic Journal, en la cual se profundizaron aspectos técnicos y el impacto de las tecnologías en Educación Especial (Jadán-Guerrero, 2014).

El levantamiento de información de las maestras de Educación Especial y de las autoras de los métodos de lectoescritura fue presentado en una conferencia internacional sobre tecnologías de apoyo a personas con discapacidad. (International Conference of Computer Helping People with Disabilities ICCHP 2014) en Francia (Jadán-Guerrero & Guerrero, 2014). En este artículo se describieron los resultados del análisis de contenido de las entrevista y encuestas sobre los métodos y recursos educativos para el proceso de lectura inicial de estudiantes con síndrome de Down.

La propuesta del desarrollo de una herramienta computacional orientada a fortalecer el proceso de lectura inicial fue presentada en el Consejo Doctoral de la conferencia internacional UCAMI 2013 llevado a cabo en Costa Rica (Jadán-Guerrero, 2013b), en la cual expertos del área de HCI validaron la idea y brindaron

retroalimentación sobre la investigación. Tomando en cuenta la interdisciplinariedad del estudio se presentó un poster en un congreso de Educación sobre el Legado de Vytgoski en América Latina llevado a cabo en Costa Rica, con el fin de validar la revisión de literatura en el ámbito de Educación. El artículo abordó las teorías educativas y de pedagogía aplicadas en la investigación y sirvió de insumo para escribir un capítulo del libro “Vytgosky y su legado en la investigación de América Latina” publicado por el Instituto de Investigación en Educación (INIE) de la Universidad de Costa Rica (Jadán-Guerrero & Guerrero, 2016).

## **6.2. Desarrollo de una herramienta computacional**

El diseño y desarrollo de una herramienta computacional fue parte del segundo objetivo, Desarrollar una herramienta computacional basada en Interfaces de Usuario Tangibles aplicable a un método de lectoescritura para estudiantes con síndrome de Down, para ello se aplicó la metodología Design Thinking con el fin de esbozar soluciones innovadoras para satisfacer las necesidades de las personas de una forma que sea tecnológicamente factible. La aplicación de la metodología se la dividió en cinco fases: Comprender (Epatiza), Definir, Idear, Prototipar y Evaluar.

En el capítulo 5 se había detallado que en la fase Comprender, se llevó a cabo una investigación observacional in-situ con el objetivo de entender la aplicación de los métodos y los instrumentos de mediación del aprendizaje en tres instituciones de Educación Especial, Fuvime en Ecuador, Acocone en Costa Rica y Asindown en España. En las tres instituciones de Educación Especial se

desarrolló empatía con las maestras y mediante la observación en el proceso de enseñanza de la lectura con estudiantes con necesidades intelectuales diferentes se pudieron adquirir conocimientos básicos sobre las actividades y uso de los recursos didácticos.

En la Fase Definir, con la información recabada en la fase anterior se utilizó la técnica de Inmersión Cognitiva, que consistió en ponerse en el lugar del profesorado y de los estudiantes para pensar en todas las posibles opciones de incluir la tecnología en el proceso tradicional. El producto de esta fase fue un diagrama de casos de uso descrito en el capítulo 5.

En la fase Idear, se utilizó la técnica de lluvia de ideas para buscar una solución tecnológica a la problemática. Dentro del campo de Interfaces de Usuario Tangible también se propusieron tecnologías de comunicación, tales como Códigos QR, código de barras, Microsoft tags, RFID tags, NFC, Bluetooth, Infrarrojos y reconocimiento de patrones. Con el fin de discriminar las alternativas más puntuadas se construyeron prototipos para probar su funcionamiento como resultado se seleccionó la tecnología RFID como la más idónea para este tipo de población.

En la fase Prototipar, se comenzaron a construir prototipos de las ideas más prometedoras, en la cual se utilizaron técnicas de prototipado en papel y diseño del storyboard. Se inició con la especificación de requerimientos para desarrollar un repositorio web siguiendo el estándar IEEE-LOM (Learning Objects Metadata, Metadatos de Objetos de Aprendizaje), el resultado fue un Modelo

Entidad-Relación (MER) con la arquitectura de la información. Con toda esta información se construyeron tres prototipos, el primero fue un repositorio virtual de objetos de aprendizaje denominado TIC@ULA. Su nombre tiene relación al gentilicio coloquial de los costarricenses (tico o tica) y al uso de TIC en el aula. La tecnología utilizada para el desarrollo del prototipo fue HTML5, CSS3, JavaScript, PHP, MySQL. Este prototipo fue también validado con evaluadores internacionales en el período abril 2014 a diciembre 2014. Se presentó un artículo en la Conferencia Internacional en Ingeniería Remota e Instrumentación Virtual (International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation REV 2014) en Portugal. En esta conferencia se validó el prototipo Tic@ula desarrollado para compartir recursos educativos del método Global (Jadán-Guerrero & Guerrero, 2015).

El segundo prototipo fue la extensión del primero con la interfaz tangible, para ello se tomó el método de lectoescritura Global como piloto. Con el software TinkerCad se diseñaron cinco objetos con la propiedad de incrustar tags RFID e imprimirlos con una impresora 3D. La tecnología de identificación de los objetos fue RFID debido a que provee un sistema de identificación por radiofrecuencia, y facilitaba identificar un objeto por aproximación a un lector independientemente de la posición del objeto. A diferencia de otras tecnologías como códigos QR, lectores de barras o lectura visual de tags que requieren que el tag o etiqueta se ubique frente al lector y esto constituía una dificultad a estudiantes con motricidad fina limitada. Los resultados obtenidos con el desarrollo de este prototipo fueron validados en Reino Unido al presentar artículo en la Conferencia Internacional

de Computación Ubicua e Inteligencia Ambiental (International Conference on Ubiquitous Computing & Ambient Intelligence UCAMI 2014). En este artículo se presentó el desarrollo de la interfaz tangible y la validación con 5 Maestras de Educación Especial aplicando la técnica Thinkig Alaud (Pensando en voz alta), (Jadán-Guerrero et al., 2014).

El tercer prototipo se basó en el método PiFo, en este caso a más de los objetos tangibles se diseñaron letras tangibles (5 vocales y dos consonantes), por otro lado, y con experiencia del segundo prototipo se trató invisibilizar la tecnología, ocultado el lector en un oso perezoso de peluche, mascota del método, con el fin de que el estudiante se concentre en la actividad antes que en la tecnología. Los resultados de este nuevo prototipo fueron validados en el período enero 2015 a junio 2015 con la publicación de un artículo en la conferencia internacional de tecnologías para niños (Interaction Design and Children IDC 2015) en Estados Unidos. El artículo hacía referencia a la evaluación del prototipo Kitracy PiFo en un escenario real. En el estudio se presentaron resultados cualitativos del cuasi experimento en la Escuela Centeno Güell de Costa Rica, en la que participaron 4 maestras de Educación Especial y 6 estudiantes con síndrome de Down (Jadán-Guerrero, Jaen, et al., 2015).

En la Fase Evaluar, se realizaron validaciones de los prototipos con colegas del grupo USING y con seis expertos del área de Educación y Computación, para ello se aplicó la técnica Thinking aloud con el fin de aprender a partir de las reacciones de los usuarios al interactuar con los prototipos. Por tanto, fue necesario

coordinar reuniones con dos colegas doctorados del área de HCI, tres maestras de Educación Especial de la Universidad de Costa Rica y una pedagoga de la Fundación Asindown de España. Estas evaluaciones permitieron recabar información de la interacción, que a su vez ayudaron a corregir ciertas características de los prototipos desarrollados.

### **6.3. Implementación de kits basados en interfaces tangibles**

Para el tercer objetivo, Implementar un kit de objetos tangibles enfocado en el proceso de lectura inicial en estudiantes con síndrome de Down, se ampliaron los objetos tangibles de los prototipos tangibles Kiteracy y se adaptaron los contenidos de la plataforma Tic@ula.

Kiteracy, basado en el método Global se amplió a 24 tarjetas de cartulina agrupadas en 4 categorías (animales, frutas, hogar, entretenimiento), cada tarjeta con un pictograma y una palabra con el nombre del concepto. También se incluyó una lámina con pictogramas más pequeños de los 24 conceptos de estudio. Por cada concepto de estudio se construyeron objetos físicos fabricados con una impresora 3D, así como juguetes de bajo costo. En el caso de Kiteracy PiFo basado en el método PiFo se utilizaron 6 tarjetas de las 31 que provee el propio método, cada una de ellas con un pictograma (grafema) y una vocal y una de la letra “m”. También se usaron 25 tarjetas pequeñas (flash cards), 5 por cada vocal, cada una con un pictograma diferente y la vocal. Se amplió el kit de objetos tangibles de las 5 vocales (uno por cada vocal) con letras troqueladas en madera y foamix.

En cada objeto tangible se insertó un microchip que provee un código identificador único. En el caso de las letras, no fue posible insertar el microchip y en su lugar se utilizaron los tags tipo tarjeta de crédito, sobre la cual se pegó cada letra. Se utilizaron dos lectores RFID conectados a un computador por medio de un cable USB, el lector Tertium IceKey en el prototipo Kiteracy con el que realizó la evaluación en España y el Phidgets LF en el prototipo Kiteracy Pifo que se utilizó en la evaluación en Costa Rica.

Los resultados de esta fase también fueron presentados en *Journal Sensors*, una revista *Web of Science* del segundo cuartil Q2 y factor de impacto 2.5. En el cual se presentaron las guías de diseño para la construcción de los objetos tangibles y se comparó la eficiencia con dos sensores RFID y 6 tipos de tags (microchips) (Jadán-Guerrero, Guerrero, López, Cáliz, & Bravo, 2015).

En la Figura 38 se presentan los resultados obtenidos con el sensor Phidget en que se probaron 8 tipos de materiales: aluminio, vidrio, metal, cartón, plástico, porcelana, caucho y madera. Con cada uno de estos materiales se probaron tres tipos de tags: llavero, botón y tarjeta. Se puede observar que con la tarjeta había una mayor recepción de identificación, llegando hasta 12 cm de distancia, con aluminio y metal el microchip se aislaba. Por otra parte, el plástico y la madera parecían ser los materiales que al cubrir los tags permitían una buena recepción de la señal de radiofrecuencia, esto llevó a la conclusión de que se podían crear objetos de plástico con una impresora 3D o juguetes de plástico de bajo costo.

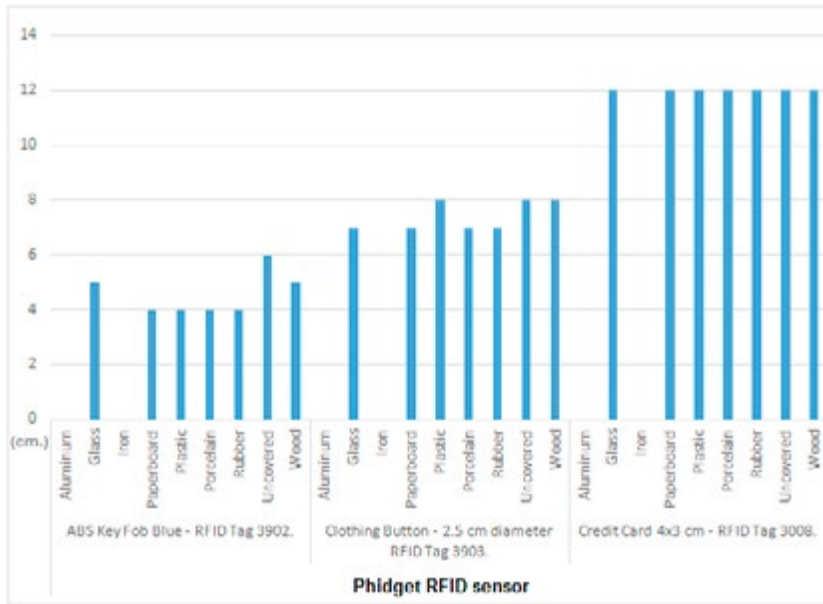


Figura 38: Resultados pruebas de Tags RFID con el sensor Phidget

En la Figura 39 se muestra otros resultados con el sensor Tertium IceKey HF que utiliza tags en forma de etiquetas adhesivas de dos tamaños y tags en forma y tamaño de una tarjeta de crédito. En este caso el cartón permitía una buena identificación hasta 10 cm de distancia. Este tipo de etiquetas ayudaron a diseñar objetos tangibles que no se podían insertar tags, se puedan ubicar como etiquetas en su superficie, tal es el caso de botellas o vasos. Estas pruebas abrieron la posibilidad de usar las etiquetas en tarjetas de cartón para futuras investigaciones.

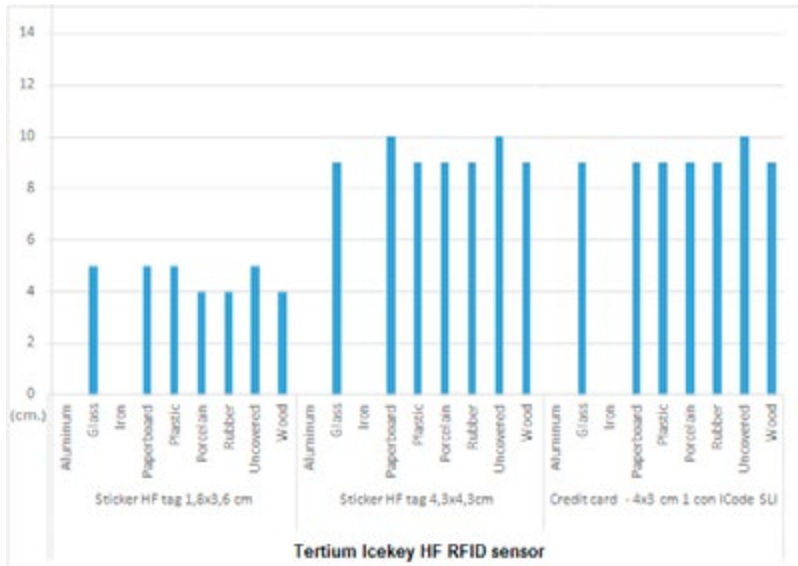


Figura 39: Resultados pruebas de Tags RFID con el sensor Tertium IceKey HF.

#### 6.4. Evaluación de aspectos de interacción en un escenario real

Para el cuarto objetivo, Evaluar aspectos interacción en un escenario real con estudiantes y profesorado de una institución relacionada al síndrome de Down, se diseñó una investigación de corte cuasi-experimental en la que se plantearon 2 factores y 13 variables de respuesta (21 conductas observadas). Se consideró

un primer factor de diseño, Interfaz con 3 tratamientos (papel, digital y tangible). El segundo factor que se consideró fue Estilo de Instrucción con 2 tratamientos (aprendizaje guiado y aprendizaje autónomo).

Con el fin de recabar información de las maestras también se realizó una encuesta demográfica pre-test del profesorado (Anexo F) que se había aplicado anteriormente en Ecuador y Costa Rica para recabar información sobre los métodos de alfabetización, recursos educativos y conocimiento de la tecnología. Se puede resumir que las maestras de España estaban familiarizadas con el método de lectoescritura Global, mientras que las maestras de Costa Rica con el método silábico. Entre los recursos educativos utilizados para la enseñanza de la lectura se destaca, material manipulativo, carpeta con láminas fijas y móviles, fotos, cuentos, juegos, tarjetas con letras, sílabas y palabras. Con respecto a la tecnología, su conocimiento es básico y mayormente se usa para búsqueda y preparación de material. El 100% de las maestras indicaron que usan un computador y proyector 1 o 2 veces por semana en el aula de clase en el caso de España, sin embargo, en Costa Rica no se usa debido a los recursos limitados de la institución.

Posteriormente, con un documento de autorización de los padres de familia en ambos se grupos (Anexo E), se programaron sesiones de 10 minutos por cada Estilo de Instrucción (Guiado y Autónomo) y por cada Interfaz (Papel, Digital y Tangible), es decir, 6 sesiones de 10. Este proceso se llevó a cabo durante un mes en España y 15 días en Costa Rica. Al final se aplicó una

encuesta experimental Post-Test (Anexo I) a las maestras con el fin de conocer su experiencia y retroalimentación.

Todas las sesiones de trabajo fueron grabadas en video por medio de dos cámaras, una enfocada en las interfaces y la otra en un panorama más amplio para captar las expresiones de los participantes. Además, participaron dos observadores, en España el experimentador y una estudiante de Doctorado en Computación de la Universidad Politécnica de Madrid. En Costa Rica, el experimentador y una maestra de Educación Básica de la Universidad de Costa Rica.

Entre los resultados observacionales se pueden destacar los encontrados en España, en donde llamó la atención una situación en la que tres estudiantes intentaron probar que el sensor reconozca su mano o cualquier otro objeto de su entorno como se muestra en la Figura 40.





*Figura 40: El estudiante intenta que el sensor reconozca su mano.*

En la Figura 40 también se puede observar que las maestras preferían dejar que los estudiantes tomen la iniciativa en la selección de los objetos y la maestra interviene únicamente para reforzar la verbalización o retroalimentación de los conceptos y el contexto donde se usan de los objetos. Por otro lado, el estudiante toma control de los objetos, la tableta o computadora no es manipulada y se concentra en las verbalizaciones del sistema y los objetos tangibles.

Estos problemas observados en el prototipo Kiteracy hizo pensar en una modificación del prototipo, y por esta razón en el nuevo prototipo Kiteracy PiFo se escondió el sensor dentro del oso de peluche como se muestra en la Figura 41



*Figura 41: Expresiones afectivas positivas con la interfaz tangible.*

En el Estilo de Instrucción Guiado en ambos grupos se evidenció interés tanto por las maestras como por los estudiantes. En la Figura 41 se muestra la expresión de dos maestras y dos estudiantes en Costa Rica con expresiones afectivas positivas. La emoción de los estudiantes fue evidente, se sorprendieron que el “oso perezoso podía leer”, les emocionó escuchar la verbalización de sistema con la voz de niña o niño que previamente seleccionó la maestra.

Se observó una mayor motivación de los estudiantes con relación a las otras interfaces. Fue notorio su iniciativa para verbalizar, sin necesidad que las maestras les motive, lo hacían después de escuchar la verbalización del sistema. A pesar de que se usó la computadora para mostrar en pantalla los pictogramas y grafemas, los estudiantes no la tocaban, y se concentraban en los objetos de estudio. Las maestras dejaron que los estudiantes tomen la iniciativa y únicamente intervinieron para ayudar a ubicar el objeto cerca del sensor o para dar retroalimentación sobre el objeto de estudio.

En el Estilo de Instrucción Autónomo los estudiantes sin la presencia de la maestra verbalizaban los fonemas y palabras después de escuchar al sistema. También se evidenció la accesibilidad del sistema, los estudiantes aprendieron a usarla rápidamente e identificaron cuando el sistema ya reconoció al objeto al escuchar un “beep” del sensor. Se vieron motivados durante toda la sesión, pasaban una y otra vez los objetos y en su mayoría verbalizaban, reían hacían gestos de emoción.

Después de observar los detalles de los eventos al procesar aproximadamente 20 horas de video, se registraron las frecuencias de las 21 variables correspondientes a los dos factores (13 y 8 respectivamente). En esta etapa se desarrollaron instrumentos de registro basados en hojas electrónicas de Microsoft Excel. Se creó un libro con 42 hojas electrónicas, 24 para estudiantes de España, 16 para estudiante de Costa Rica, así como 2 hojas de consolidación, explicados en el capítulo 4.

Para el procesamiento estadístico de la información tabulada se aplicó inicialmente el Test ANOVA de medidas repetidas (repeated measures ANOVA), utilizada para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias poblacionales de tres o más niveles de un factor entre sujetos. Sin embargo, al realizar las pruebas de idoneidad no se obtuvo normalidad, debido a ello se consideró realizar el análisis de la información utilizando únicamente estadística descriptiva. Se consideró esta opción por el tamaño pequeño de la muestra, ya que si bien es cierto en total participaron 18 estudiantes, se hicieron dos evaluaciones diferentes, la primera en España con 12 estudiantes y la segunda en Costa Rica con 6 estudiantes. Uno de los problemas de obtener una muestra más grande fue el contexto complejo, ya que lograr agrupar estudiantes con síndrome de Down con características específicas como el nivel de desarrollo cognitivo y el nivel en el proceso de lectura inicial fue complicado. Por otro lado, se requerían algunas sesiones para recabar la información, a diferencia de trabajar con estudiantes en condiciones normales que se hubieran podido incluir más al requerir menos tiempo de evaluación.

Se justifica el uso de estadística descriptiva, en particular la comparación de medias, primero por el tamaño de la muestra y segundo porque es una investigación exploratoria, sin pretender generalizar los resultados. La investigación tiene un alto grado de análisis cualitativo y lo que se pretende con la comparación de medias a nivel cuantitativo es comprobar y complementar los resultados cualitativos obtenidos. A continuación, se presenta los resultados cuantitativos del cuasi-experimento, divididos por las

áreas de dificultades de los estudiantes con síndrome de Down. Cada área tiene las variables que fueron descritas en la sección 6.1 de este capítulo. De igual forma se presentan los resultados en los factores Interfaz y Estilo de Instrucción y en cada uno de los grupos de estudiantes, a) Para el método Global en España y b) Para el método PiFo en Costa Rica.

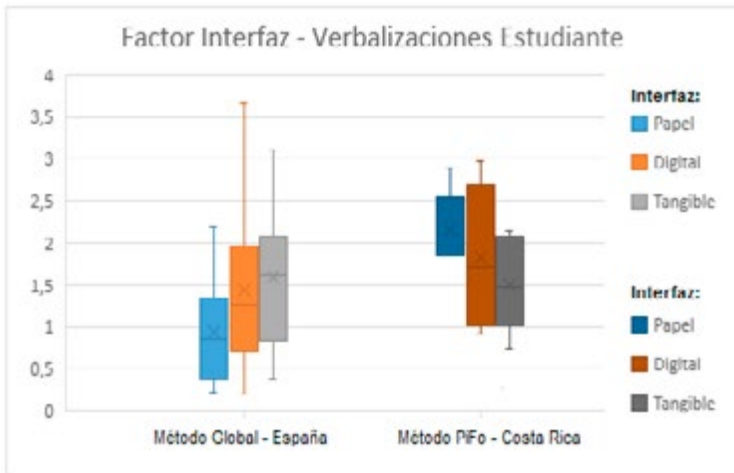
### 6.4.1. Lenguaje

Esta categoría se refiere al número de veces que las maestras, los estudiantes y las interfaces tecnológicas repiten una palabra o vocal según el método Global o PiFo. Las tres variables consideradas para los dos factores diseñados fueron: Verbalizaciones del estudiante, Verbalizaciones Maestra y Verbalizaciones Sistema.

Verbalizaciones Estudiante con el factor Interfaz

En la Figura 42 se puede observar que para el grupo de España el valor de las medias de la interfaz tangible es mayor que la interfaz papel y digital. Esto quiere decir que los estudiantes verbalizaron más palabras en la interfaz tangible con el método global. Estos resultados fueron diferentes en el grupo de Costa Rica, ya que parece ser que en la interfaz digital hubo mayor número de verbalizaciones que las demás con el método PiFo. También se puede evidenciar que la desviación estándar es mayor en el método Global que en el método PiFo. Se pueden interpretar estos resultados por un lado que los estudiantes de España tanto en el Estilo de Instrucción Guiado como Autónomo hicieron un número mayor de verbalizaciones con el método Global.

Por otro lado, se pudo evidenciar que los estudiantes se motivaban a repetir una palabra o vocal después que el sistema computacional reproducía un audio con la pronunciación previamente grabada a excepción del grupo del método PiFo que en el trabajo autónomo no pronunciaban y se limitaban a observar y escuchar.



*Figura 42: Resultados del factor Interfaz y la variable Verbalizaciones Estudiante*

Verbalizaciones Maestra con el factor Interfaz

En la Figura 43 se puede observar que el valor de las medias de la interfaz papel es levemente mayor que las otras interfaces en el método Global.

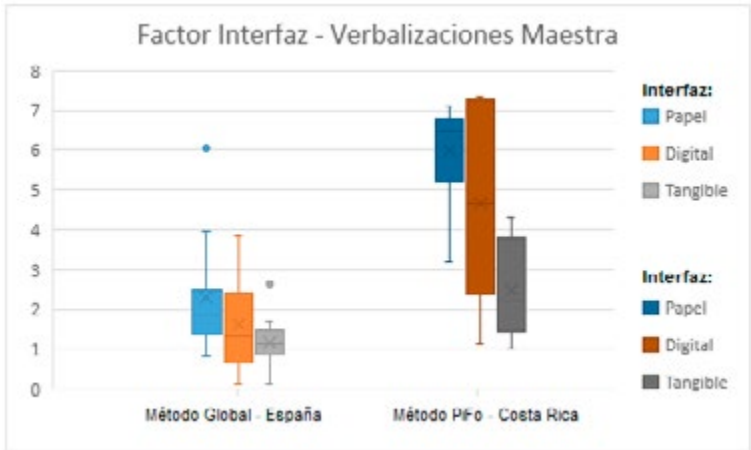


Figura 43: Resultados del factor Interfaz y la variable Verbalizaciones Maestra

Este valor sugiere que las maestras verbalizaron más palabras o vocales con el uso de las tarjetas de papel. Se esperaba este resultado dado que la maestra independientemente de la interfaz motivaba con su ejemplo a que el estudiante verbalice las palabras u vocales. Esto hecho no se repitió con el método PiFo en donde el valor de las medias fue mayor en la interfaz digital y por la extensión del gráfico se nota que hubo mayor variación en el grupo.

#### Verbalizaciones Sistema con el factor Interfaz

El planteamiento de esta variable ayudó a explorar si algunas de las interfaces tecnológicas fomentaban la verbalización por parte de los estudiantes y las maestras. En la Figura 44 se observan los valores de las medias de los dos grupos, el mayor valor se

presenta en la interfaz digital en el método Global y tangible en PiFo. Al revisar estos resultados en los videos parece ser que las interfaces con el componente tecnológico fomentan que el estudiante pase el objeto por el sensor repetidas veces con el fin de escuchar los sonidos y pronunciación.

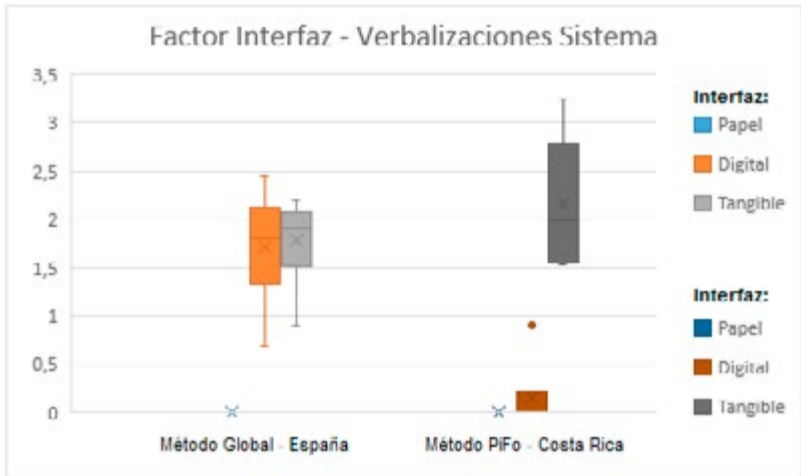
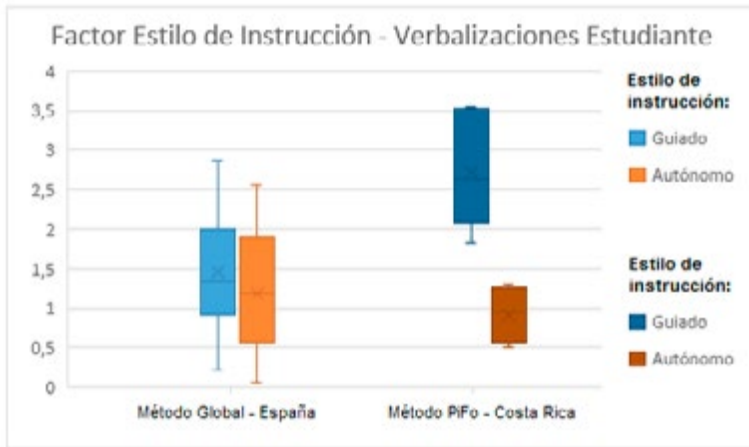


Figura 44: Resultados del factor Interfaz y la variable Verbalizaciones del sistema

A continuación, se analizan los resultados en el factor Estilo de Instrucción, pero se consideraron únicamente dos variables de respuesta: Verbalizaciones Estudiante y Verbalizaciones Sistema. Se excluyó a Verbalizaciones de la maestra debido que no está presente en el Estilo de Instrucción Autónomo.

Verbalizaciones Estudiante con el factor Estilo de Instrucción

En la Figura 45 se puede observar por el valor de las medias de las verbalizaciones de los estudiantes son mayores en el Estilo de Instrucción Guiado que el Autónomo.



*Figura 45: Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Verbalizaciones Estudiante*

Se esperaban estos resultados, puesto que en las observaciones en los videos se evidenció que las maestras motivaban a verbalizar al estudiante en cada concepto de estudio seleccionado, tales como tarjetas de papel, tarjetas digitales en la tableta y objetos tangibles en la interfaz tangible. En el aprendizaje autónomo se observó que en la interfaz papel casi no existían verbalizaciones por parte de los estudiantes, sin embargo, en las interfaces digital y tangible se pudieron escuchar las verbalizaciones cuando el sistema emitía la pronunciación de las palabras o vocales relacionadas al concepto de estudio.

Verbalizaciones Sistema con el factor Estilo de Instrucción.

En la Figura 46 se puede observar que por el valor de las medias parece ser que las verbalizaciones del sistema en el Estilo de Instrucción Autónomo son mayores con los dos métodos, esto se puede interpretar que los estudiantes exploraban los objetos de estudio un mayor número de veces en el Estilo de Instrucción Autónomo que el Guiado porque tenían libertad para explorar. Se observó en la interfaz digital y tangible un gran interés por escuchar varias veces un mismo objeto.

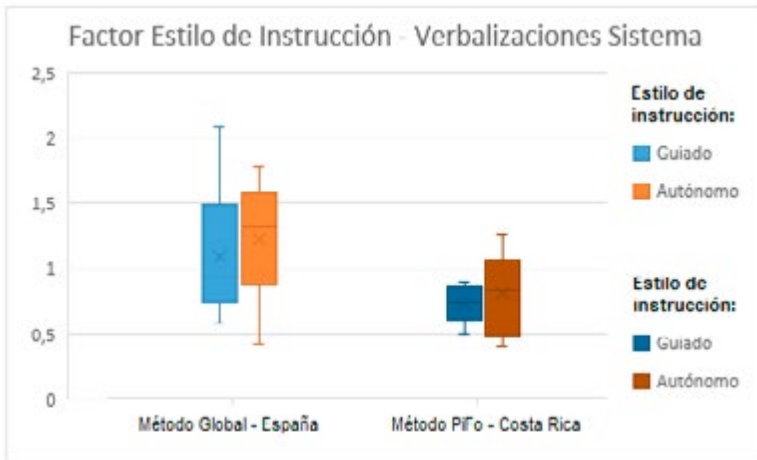


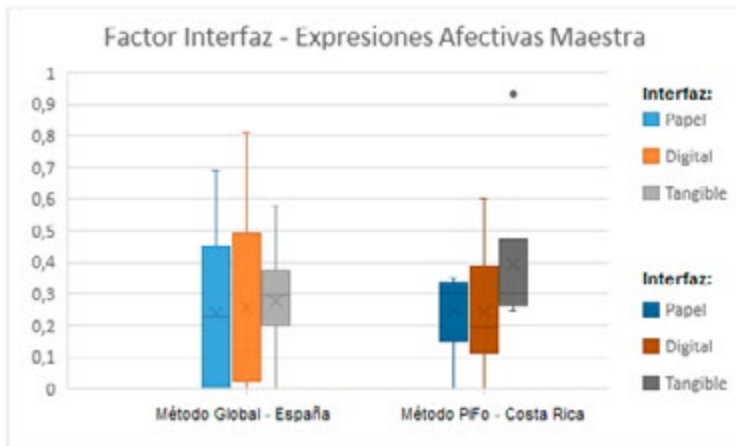
Figura 46: Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Verbalizaciones del Sistema

### 6.4.2. Motivación

En esta categoría se analizan aspectos de motivación, para ello se han considerado las variables de respuesta: Expresiones Afectivas Maestra y Expresiones Afectivas Estudiante. Estas dos variables son analizadas en los dos factores Interfaz y Estilo de Instrucción.

### Expresiones Afectivas Maestra con el factor Interfaz

En la Figura 47 se puede observar que en la interfaz tangible se evidencia un mayor valor en las medias para los dos métodos. Al parecer las maestras también experimentaron un mayor número de expresiones afectivas con las interfaces tangibles que con las otras interfaces. Es decir, mostraban sonrisas, risas, cambios de postura o reacciones con frases propias de su dialecto, tales como “Qué Guay!” o “Qué Chulo!” en España y “Qué chival!” o “Que tuanis” en Costa Rica.

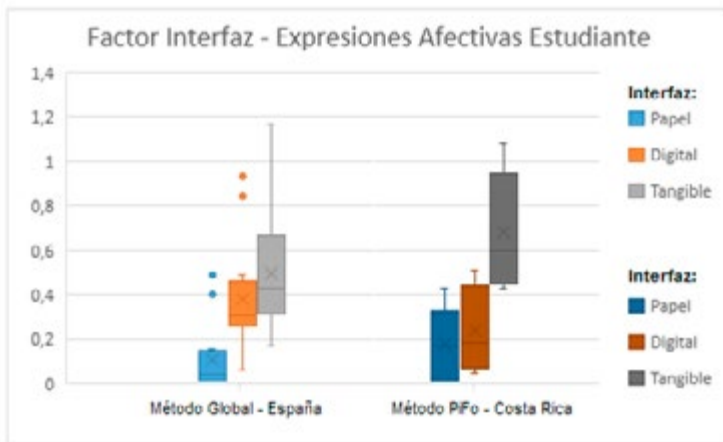


*Figura 47: Resultados del factor Interfaz y la variable Expresiones Afectivas Maestra*

Estos resultados se confirmaron en la encuesta post-test en donde las maestras expresaban su interés y admiración por tener un recurso educativo de este tipo en su aula.

Expresiones Afectivas Estudiante con el factor Interfaz.

El supuesto que se hizo con esta variable fue que con la interfaz tangible se crearía un ambiente lúdico de aprendizaje, y que con estas se ayudaría a evitar el aburrimiento debido a las tareas repetitivas propias del proceso. En la Figura 48 se muestran los valores de las medias y se pudo confirmar que en la interfaz tangible existe una mayor frecuencia de expresiones afectivas.



*Figura 48: Resultados del factor Interfaz y la variable Expresiones Afectivas Estudiante*

En el factor Estilo de Instrucción se consideró únicamente la variable Expresiones Afectivas Estudiante, ya que es la única común en los dos estilos de instrucción, Guiado y Autónomo.

Expresiones afectivas Estudiante con el factor Estilo de Instrucción

En la Figura 49 se puede observar que por el valor de las medias el Estilo de instrucción Guiado existe un ligero incremento de las expresiones positivas con ambos métodos.

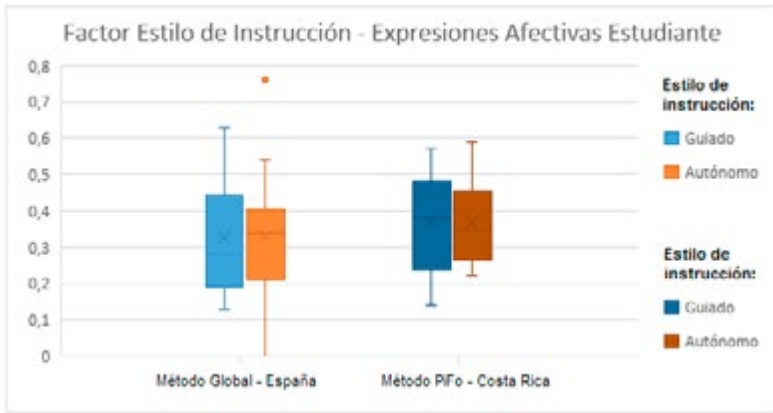


Figura 49: Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Expresiones Afectivas Estudiante

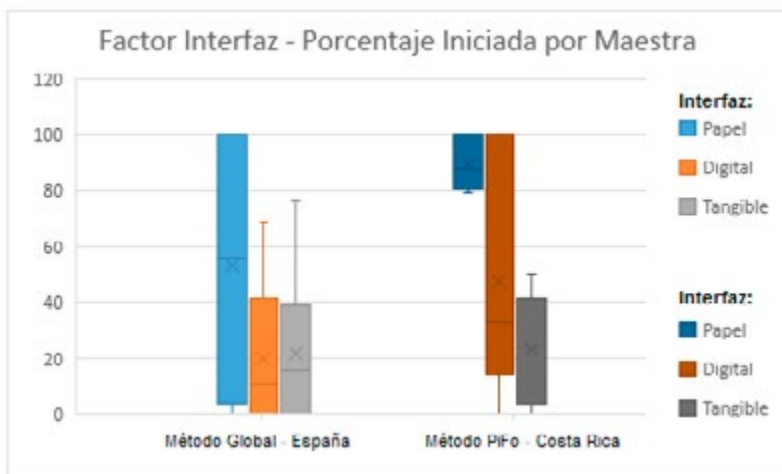
Si bien es cierto no existe una marcada diferencia, se pueden completar los resultados con lo observado en las sesiones de trabajo. Los estudiantes demostraban interés en las interfaces tangibles y demostraban algunas señales de emoción, como sonrisas, risas, aplausos, cambio de la posición corporal y se sorprendían, independientemente si estaban con la maestra, sin embargo, en el Estilo de Instrucción Autónomo no con todos los objetos mostraban esta respuesta.

### 6.4.3. Atención y Percepción

En esta área se analizan aspectos de atención y percepción, para ello se consideraron las variables: Porcentaje Iniciado Maestra, porcentaje Iniciado Estudiante, Porcentaje Iniciado en Conjunto. Estas tres variables son analizadas en los dos factores Interfaz y Estilo de Instrucción.

Porcentaje Iniciado Maestra con el factor Interfaz.

Esta variable mide el porcentaje de exploraciones iniciadas por la maestra, con el fin de determinar si alguna de las interfaces propicia la interacción en el proceso de enseñanza de la lectura inicial. Aquí se quería explorar si la maestra selecciona los recursos educativos tecnológicos de la misma manera que lo hace con papel, que es una interfaz conocida en el proceso de enseñanza de la lectura. En la Figura 50 se muestran los resultados obtenidos.



*Figura 50: Resultados del factor Interfaz y la variable Porcentaje Iniciada por maestra*

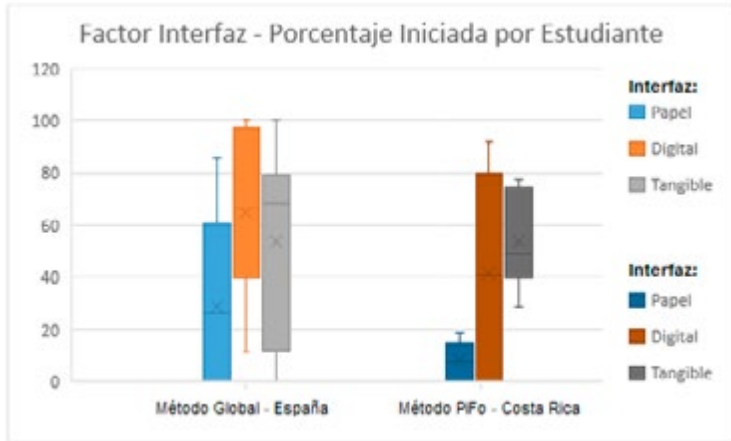
Como se puede observar en la Figura 50 existe una diferencia entre las tres interfaces con el método Global. Por el valor de las medias parece ser que con la interfaz papel las maestras iniciaron en mayor número de veces con respecto a las otras interfaces. Lo que significa en este caso que las maestras están acostumbradas

a las tarjetas. Con el método PiFo se obtuvo un valor de las medias similar en la interfaz papel y digital, sin embargo, por el tamaño del gráfico se puede identificar que existió mayor variación en la interfaz digital.

Estos resultados se completan con lo observado en las sesiones de trabajo, cuando las maestras utilizaban las tarjetas de papel, ellas eran las que seleccionaban y mostraban a sus estudiantes. En la interfaz digital maestras y estudiantes compartían el control. En la interfaz tangible las maestras permitían que los estudiantes seleccionen los objetos, con el fin de que ellos los manipulen y despierten el sentido del tacto; y de esta manera fortalecer la diferencia entre concreto y abstracto.

#### Porcentaje Iniciado Estudiante con el factor Interfaz

Con esta variable se intentaba medir el porcentaje de exploraciones iniciadas por el estudiante, con el fin de determinar si alguna de las interfaces propicia la interacción en el proceso de aprendizaje de la lectura inicial. Aquí se trató de explorar con cuál de las tres interfaces los estudiantes presentaban mayor iniciativa para seleccionar los conceptos de estudio, es decir tarjetas u objetos. En la Figura 51 se muestran los resultados para los dos métodos.



*Figura 51: Resultados del factor Interfaz y la variable Porcentaje Iniciada por Estudiante*

Al parecer, por los valores de las medias, la interfaz digital propicia la iniciativa de los estudiantes con el método digital. Los valores de las medias digital son las que evidencian mayor porcentaje con el método PiFo. Estos resultados tienen sentido con las observaciones realizadas en las sesiones de trabajo, en las cuales se observó que con la interfaz digital (tableta) se limitaba el trabajo de las maestras por el tamaño de la pantalla del dispositivo, y esto hacía que los estudiantes seleccionaran las tarjetas en el Estilo de Instrucción Guiado. De igual forma, en Costa Rica con el método PiFo las maestras permitían que los estudiantes sean quienes tomen la iniciativa con la tableta e interfaz tangible, con el fin de que desarrollen su iniciativa.

Porcentaje iniciado en Conjunto con el factor Interfaz

Con esta variable se midió el porcentaje de exploraciones iniciadas por la maestra y el estudiante al mismo tiempo, con el fin de explorar si alguna de las interfaces propicia la colaboración en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la lectura inicial. Aquí se buscaba explorar si con alguna de las interfaces había una interacción compartida entre maestras y estudiantes. Los resultados que se muestran en la Figura 52.

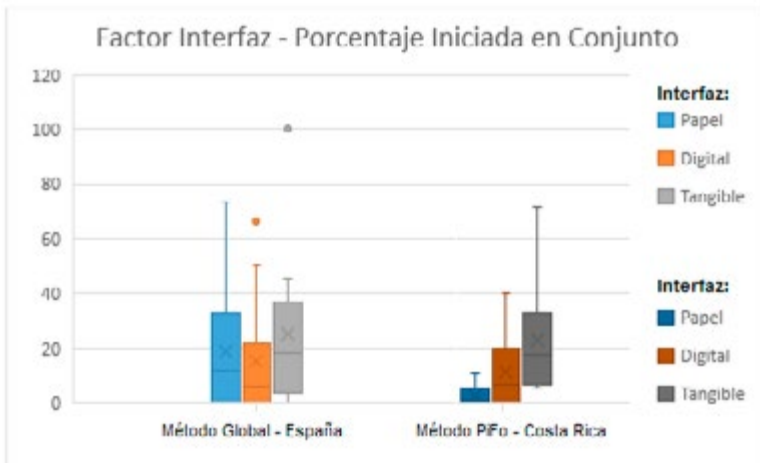


Figura 52: Resultados del factor Interfaz y la variable Porcentaje Iniciado en Conjunto

En la Figura 52 se nota que los valores de las medias son mayores en la interfaz tangible y esto se dio porque algunos objetos, como los animales de caucho, u objetos donde el tag se encontraba en posición vertical, como una botella, las maestras ayudaban a los estudiantes tomando los objetos juntos para ayudar al estudiante que lo ubique en la posición correcta. Este hecho se repitió con los dos métodos Global y PiFo.

#### 6.4.4. Memoria

En esta categoría se analizan si las maestras y estudiantes apoyan el proceso de aprendizaje en el texto relacionado a los pictogramas que presentan los conceptos de estudio. Para ello se plantearon dos variables: Índice con estímulo de texto e Índice sin estímulo de texto. Estas dos variables son analizadas en los dos factores Interfaz y Estilo de Instrucción.

Índice Con Estímulo de Texto con el factor Interfaz.

Con esta variable se midió la frecuencia por unidad de tiempo en que la maestra hizo énfasis en el texto que acompaña al pictograma de las tarjetas de papel y las tarjetas digitales en la tableta. En la Figura 53 se puede observar los resultados.

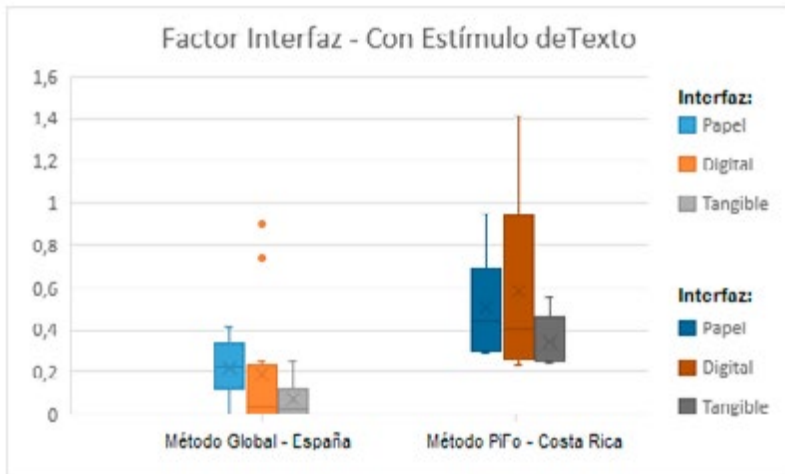


Figura 53: Resultados del factor Interfaz y la variable Índice Con Estímulo de Texto

Al parecer, por el valor de las medias existe una leve diferencia entre las muestras de la interfaz papel en el método Global. Mientras que en el método PiFo el valor de las medias fue mayor en la interfaz digital. En la interpretación de los datos cualitativos se evidenció que en la interfaz papel las maestras hicieron énfasis en el texto asociado al pictograma, al señalar con el dedo, mientras que en las interfaces con tecnología en la Tableta con el método PiFo se aprovechaba que había un video del trazo de las vocales y es por esta razón que el valor de las medias es mayor.

Índice Sin Estímulo de Texto con el factor Interfaz.

Con esta variable se midió la frecuencia por unidad de tiempo en que la maestra no tomó en cuenta al texto que acompaña al pictograma de las tarjetas de papel y las tarjetas digitales en la tableta. En la Figura 54 se puede observar que la interfaz tangible tiene un mayor valor de las medias con el método Global, lo cual quiere decir en esta interfaz se hizo hincapié en el estímulo de texto. Con el método PiFo el valor de las medias fue mayor en la interfaz papel, esto se evidenció también en el análisis cualitativo, las maestras se enfocaban en la verbalización antes que en el apoyo con texto.

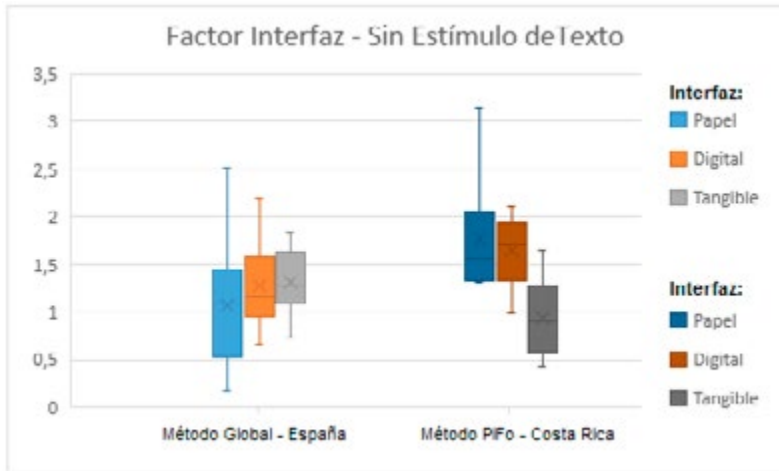


Figura 54: Resultados del factor Interfaz y la variable Índice Sin Estímulo de Texto

El análisis de los datos con el factor Estilo de Instrucción se consideraron también dos variables: Índice Con Estímulo Texto e Índice Sin Estímulo Texto

Índice Con Estímulo Texto con el factor Estilo de Instrucción

En la Figura 55 se puede observar que existe una diferencia en las medias, en los métodos Global y PiFo el valor de las medias es mayor con el Estilo de Instrucción Guiado, es decir en el Estilo de instrucción Autónomo los estudiantes no se enfocaron en el texto. En el análisis cualitativo se puede corroborar este hecho al observar a los estudiantes que les llamaba más la atención la parte visual y auditiva.

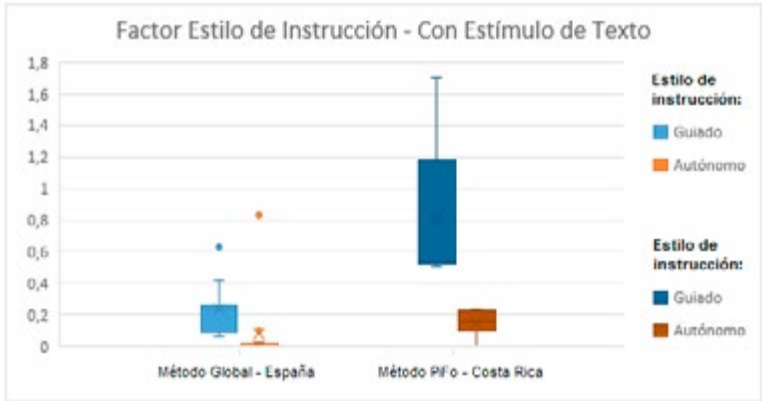


Figura 55: Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Con Estímulo de Texto

Índice Sin Estímulo Texto con el factor Estilo de Instrucción

Al igual que en el factor Interfaz esta variable es el complemento de la variable con estímulo de texto. En Figura 56 se puede ver que no existe mayor diferencia, sin embargo, en el Estilo de Instrucción Autónomo los estudiantes hacían caso omiso al texto y se concentraban más en los pictogramas y objetos.

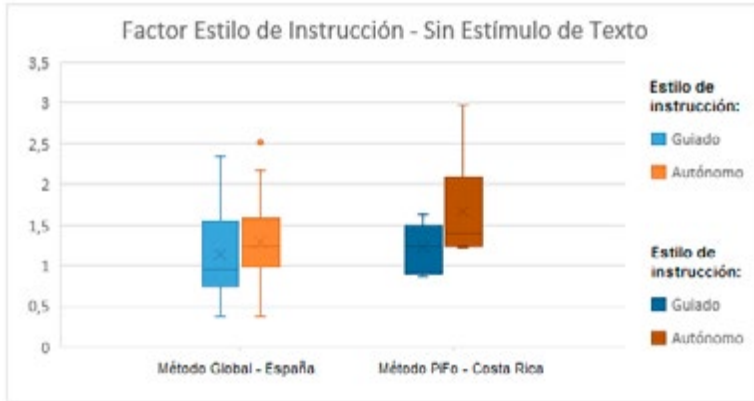


Figura 56: Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Sin Estimulo de Texto

#### 6.4.5. Motricidad

En esta área se presentan los resultados en función de la usabilidad y la accesibilidad. En el primer caso se analizó el grado en que el instrumento pudo ser utilizado por los estudiantes y por las maestras para lograr sus propósitos. En el segundo caso se analizó si los recursos educativos, a través de las tres interfaces, permitieron que los estudiantes o maestras puedan utilizarlos así tengan o no algún tipo de discapacidad.

En este factor se consideraron las siguientes variables: Objetos diferentes explorados, Número total de exploraciones y problemas de Interfaz.

Objetos diferentes explorados con el factor Interfaz

Con esta variable se midió el número de objetos (conceptos) diferentes explorados por cada interfaz. En el caso de la interfaz papel hace referencia a las tarjetas, en la interfaz digital a las tarjetas digitales en la tableta y en la interfaz tangible a los objetos y letras físicas. Aquí se hizo el supuesto que en la interfaz tangible existe menor número de objetos explorados y que los estudiantes dedicarían más tiempo a observar y manipular los objetos tangibles y por lo tanto habría menos exploraciones. Los resultados encontrados se muestran en la Figura 57.

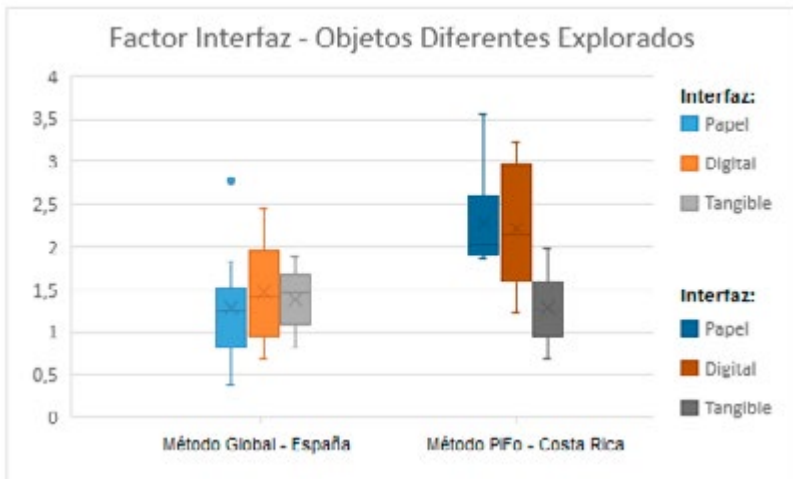


Figura 57: Resultados del factor Interfaz y la variable Objetos Diferentes Explorados

De acuerdo a la información de la Figura 57 se pudo observar que tanto en el método Global como en PiFo, la tableta tiene un valor mayor en la media. Interpretando estos datos se puede mencionar que se observó que la maestra guiaba en la exploración de los objetos de manera similar en las tres interfaces, es decir, en la

interfaz papel la maestra seleccionaba una tarjeta, mostraba al estudiante, pronunciando la letra o palabra, luego el estudiante repetía la pronunciación. El proceso era similar en la interfaz digital con la tableta, la maestra presionaba la tarjeta digital en la pantalla y repetía el proceso de pronunciación.

En la interfaz tangible en el Estilo de Instrucción Guiado, la maestra seleccionaba un objeto, lo pasaba por el sensor y el computador era el que pronunciaba, el estudiante de igual forma pronunciaba la letra o palabra. La única diferencia que se puede notar con respecto a la interfaz tangible es que la maestra cedía el objeto al estudiante para que lo manipule, lo que no ocurría con las tarjetas.

#### Número Total de exploraciones con el factor Interfaz

Con esta variable se midió el número de objetos (conceptos) total de exploraciones en cada una de las interfaces. Es decir, se contabilizó como una nueva exploración un objeto que ya había seleccionado antes. Aquí se hizo el supuesto que en la interfaz tangible los estudiantes dedicarían más tiempo a manipular un mismo objeto tangible varias veces y por lo tanto habría más exploraciones que las otras interfaces. En la Figura 58 se pueden observar los resultados, con el método Global la interfaz tangible tiene un mayor valor y esto se esperaba, puesto que se observó que 100% de los estudiantes mostraban mayor interés en la interfaz tangible, también presentaban expresiones de emoción y curiosidad. Los estudiantes reaccionaban positivamente al manipular los objetos y se motivan a pasar el objeto por el sensor una y otra vez. Se puede observar que el valor de las medias en la interfaz papel con el método PiFo es superior a las otras

interfaces. Esto se puede interpretar que el método usaba sólo letras (vocales) y era más fácil explorar un número mayor de tarjetas.

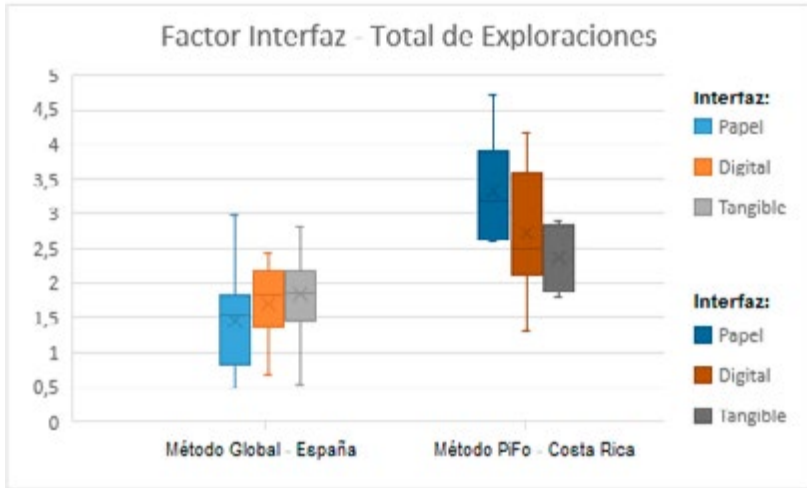


Figura 58: Resultados del factor Interfaz y la variable Total de Exploraciones

En el aspecto de usabilidad se observó que la interfaz tangible prestaba mayores facilidades para los estudiantes con limitaciones motrices finas. Por ejemplo, en la interfaz digital tenían complicaciones al seleccionar el ícono de la tarjeta digital y en la interfaz papel los estudiantes tenían dificultades al seleccionar una tarjeta de papel cuando éstas se encontraban apiladas.

#### Problemas de la interfaz con el factor Interfaz

Con esta variable se midió el número de problemas que se presentaron en cada una de las interfaces. Aquí se hizo el supuesto que en la interfaz tangible al tener objetos de diferentes materiales

y los tags (microchips) incrustados dentro de los objetos podría causar algún problema en el reconocimiento del sensor RFID. Los resultados encontrados se muestran en la Figura 59.

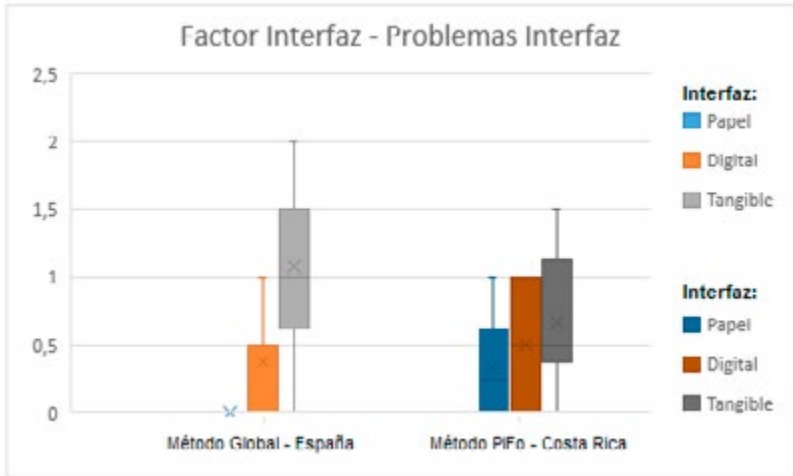


Figura 59: Resultados del factor Interfaz y la variable Problemas Interfaz

Se puede observar que existe una diferencia marcada entre las tres interfaces respecto a problemas de interfaz en los dos grupos. Parece que la interfaz tangible presenta mayores problemas que las demás, según el valor de las medias. Este hecho se dio debido a que los estudiantes exploraban los objetos de la categoría animales, había problemas en la identificación de los sensores, primero por el grosor y tipo del material, segundo por la distancia, generada por las patas de los animales y tercero por la ubicación de los tags de acuerdo al espacio en el dorso del animal.

Estos problemas abrieron la oportunidad de realizar una investigación específica para evaluar el tipo de material de los diferentes objetos, la distancia adecuada comparando dos tipos de sensores y la ubicación de los tags. Para mayores detalles, se puede revisar el artículo “Creating TUIs Using RFID Sensors—A Case Study Based on the Literacy Process of Children with Down Syndrome” publicado en el Journal Sensor, en el cual se muestran algunas directrices para el diseño de interfaces tangibles con impresión 3D y objetos de la vida cotidiana (Jadán-Guerrero, Guerrero, López, et al., 2015).

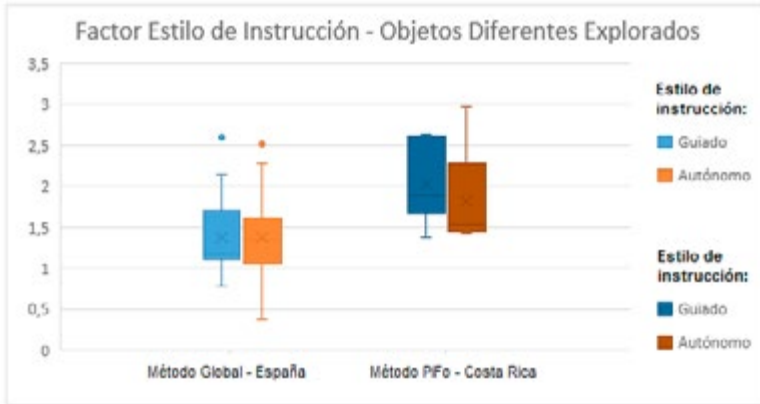
Con el factor Estilo de Instrucción también se analizaron las tres variables Objetos diferentes explorados, Número total de exploraciones y problemas de Interfaz.

Objetos diferentes explorados con el factor Estilo de Instrucción

Con esta variable se midió el número de objetos (conceptos) diferentes explorados en cada Estilo de Instrucción. Aquí el supuesto que en el aprendizaje autónomo los estudiantes dedicarían más tiempo a observar y manipular los objetos tangibles y por lo tanto habría la posibilidad que fortalezcan el proceso de aprendizaje de nuevo vocabulario y desarrollen habilidades de lenguaje.

De acuerdo a la Figura 60 se puede observar que existe una leve diferencia con el aprendizaje autónomo que es mayor, lo cual quiere decir que, sin la supervisión de la maestra, el estudiante tiende a explorar más objetos. Al contrastar con los hallazgos cualitativos se observó que en el Estilo de Instrucción Guiado

la maestra seleccionaba tarjetas, tarjetas digitales y objetos tangibles de una manera similar, esto es, seleccionar y mostrar al estudiante para motivar a pronunciar.



*Figura 60: Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Objetos diferentes Explorados*

Por otro lado, en el aprendizaje autónomo, los estudiantes exploraron las tarjetas, tarjetas digitales y objetos tangibles en un número similar que no marcan una diferencia significativa. Algo importante que se puede destacar, es que en la interfaz papel y Estilo de Instrucción Autónomo, el estudiante sólo miraba las tarjetas, a diferencia de la interfaz digital y tangible que motivaba la pronunciación al reproducir el audio del sistema.

Número Total de exploraciones con el factor Estilo de Instrucción

En la Figura 61 se muestran los resultados de los dos métodos. Algo importante que destacar en cuanto a las observaciones cualitativas, es que los estudiantes se interesaban en las interfaces

digital y tangible para explorar los conceptos de estudio. Entre estas dos interfaces, la tangible es la que despertaba más interés, con decir que cuando usaban los objetos tangibles la tableta no era tocada y le usaban únicamente como visor de la información.

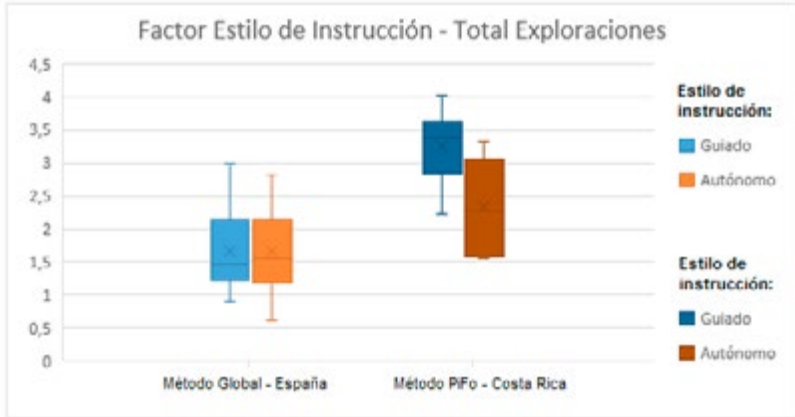
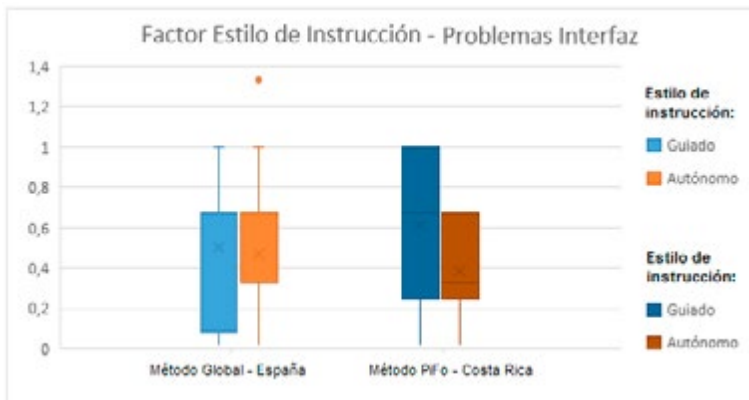


Figura 61: Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Total de Exploraciones

### Problemas de la interfaz con el factor Estilo de Instrucción

Con esta variable se midieron los problemas detectados en el uso de las interfaces, especialmente en las interfaces que usan la tecnología, como es el caso de la interfaz digital y la interfaz tangible. Aquí el supuesto fue que los estudiantes en el aprendizaje autónomo tendrían mayores problemas al no entender cómo funciona la interfaz tangible especialmente. En la Figura 62 se presentan los resultados.

Se puede observar que existen diferencias en el Estilo de Instrucción, como se muestra en la Figura 62. De forma general se puede resumir que en aspectos de usabilidad de las interfaces tecnológicas no presentan dificultades en su manejo, se puso evidenciar que tanto estudiantes como profesores aprendieron a usar las interfaces digital y tangible sin problema, no se encontró diferencias significativas con respecto a la interfaz papel que ya la usaban en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En aspectos de accesibilidad también parece ser que tanto maestras sin una condición de discapacidad, así como los estudiantes con síndrome de Down pudieron usar las interfaces. En la interfaz tangible, los estudiantes aprendieron a identificar por medio del sonido del sensor, cuándo era identificado un objeto.



*Figura 62: Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Problemas Interfaz*

En la Tabla 16 se muestra los valores de las medias por cada una de las áreas de observación con el factor Interfaz. Estos valores fueron representados de forma gráfica en las secciones

anteriores. un resumen de los resultados cuantitativos obtenidos al aplicar la comparación de medias con el factor Interfaz.

Las variables que están resaltadas fueron las que arrojaron un mayor valor en las medias. Este valor da un indicio de que determinada interfaz tiene mayores frecuencias en esa variable, por ejemplo, en la variable Verbalizaciones Estudiante con el método Global parece ser que es la que más propicia las habilidades lingüísticas. Sin embargo, con el método PiFo parece ser que las láminas propias del método son las que propicias estas habilidades de verbalización en los estudiantes. Otro ejemplo, es el Índice con estímulo Texto, parece ser las que la interfaz papel es la que mejor respuesta tiene con el método Global y con el método PiFo la interfaz digital es la que llamó la atención, como se explicó anteriormente, debido posiblemente al video que genera un pictograma a partir del grafema de la vocal o consonaste

**Tabla 16: Resumen de los resultados comparación de medias con el Factor Interfaz**

Área	Variable de respuesta	Método Global- España			Método PiFo - Costa Rica		
		Media Interfaz papel	Media Interfaz digital	Media Interfaz tangible	Media Interfaz papel	Media Interfaz digital	Media Interfaz tangible
Lenguaje	Verbalizaciones estudiante	.9336	1,4340	1,5912	2,1603	1,8269	1,4957
	Verbalizaciones maestra	2,2881	1,6347	1,1871	5,9785	4,6469	2,4939
	Verbalizaciones sistema	.0000	1.7095	1.7823	.0000	,1499	2,1585

<b>Motivación</b>	Expresiones afectivas maestra	,2407	,2565	,2749	,2460	,2431	,3960
	Expresiones afectivas estudiante	,1092	,3820	,4949	,1771	,2399	,6774
<b>Atención y Percepción</b>	Porcentaje iniciado maestra	53,0861	19,9514	21,5312	89,3396	47,3198	23,5256
	Porcentaje iniciado estudiante	28,5099	64,7662	53,5567	8,0045	41,6083	53,4399
	Porcentaje iniciado conjuntamente	18,7127	15,2824	24,9121	2,6559	11,0718	23,0345
<b>Memoria</b>	Índice con estímulo de texto	,215267	,191599	,069471	,504087	,583898	,346166
	Índice sin estímulo de texto	1,0656	1,2684	1,3132	1,7679	1,6409	,9395
<b>Motricidad</b>	Objetos diferentes explorados	1,2808	1,4699	1,3790	2,2720	2,2248	1,2857
	Total, exploraciones	1,4471	1,6946	1,8398	3,3191	2,7175	2,3467
	Problemas interfaz	,0000	,3750	1,0833	,3333	,5000	,6667

Analizando estos resultados de forma general se podría concluir para la muestra de estudiantes participantes, que las Interfaces Tangibles de Usuario (TUI) fomentan las Verbalizaciones en el estudiante, las verbalizaciones del sistema parece que generan mayor interacción en las TUI y se puede comprobar este hecho al tener los valores de las medianas más altas en las dos variables Objetos diferentes explorados y Total exploraciones. Parece ser que las TUI no aportan al estímulo de texto como la interfaz papel, pero si propician la iniciativa de los estudiantes y a los aspectos de emoción. También las TUI presentaron mayores problemas

técnicos, sobre todo en el reconocimiento de los objetos debido al tipo de material y ubicación de los Tags

De igual forma en la Tabla 17 se muestra un resumen de los resultados cuantitativos obtenidos al aplicar comparación de medias con el factor Estilo de Instrucción. Las variables que están resaltadas fueron las que tienen mayor valor en las medias para el caso del factor Estilo de Instrucción. Se puede destacar que en el método Global realizado en España y el método PiFo realizado en Costa Rica hay una coincidencia para las conductas de Lenguaje, Motivación y Memoria, excepto en Motricidad.

**Tabla 17: Resumen de los resultados de comparación de medias con el factor Estilo de Instrucción**

		España		Costa Rica	
Área	Variable de respuesta	Media Estilo guiado	Media Estilo autónomo	Media Estilo guiado	Media Estilo autónomo
<b>Lenguaje</b>	Verbalizaciones estudiante	1,4532	1,1860	2,7288	,9265
	Verbalizaciones sistema	1,0958	1,2321	,7292	,8097
<b>Motivación</b>	Expresiones afectivas estudiante	,3277	,3297	,3641	,3655
<b>Memoria</b>	Índice con estímulo de texto	,2376	,0800	,8047	,1514
	Índice sin estímulo de texto	1.1337	1.2978	1,2238	1,6751

<b>Motricidad</b>	Objetos diferentes explorados	1,3754	1,3777	2,0285	1,8265
	Total exploraciones	1,6635	1,6576	3,2583	2,3306
	Problemas interfaz	,5000	,4722	,6111	,3889

En las encuestas post-test, las ocho maestras (España y Costa Rica) estuvieron de acuerdo que las herramientas tecnológicas favorecen la motivación de los estudiantes, ya que les permiten generar nuevas estrategias de enseñanza. Proveen un espacio de interacción y negociación. Fomentan la atención y coordinación de los estudiantes. Generan canales de comunicación que promueven y median la interacción social entre la maestra y el estudiante.

Permiten reforzar el desarrollo del lenguaje y pueden lograr niveles mayores y significativos de atención. Los objetos abstractos que se presentan en una lámina o pantalla de algún dispositivo pueden ser representados de forma física. De esta manera perciben la globalidad de las cosas con objetos físicos de su entorno para lograr una transición lenta al aprendizaje abstracto. Es decir, el objeto constituye la parte concreta, el video del grafema la parte semi-concreta y el pictograma sería lo abstracto. También expresan que el problema de aprendizaje va a depender mucho de la actitud de los estudiantes y de los instrumentos de mediación que se utilicen, por ejemplo, en la Tablet sienten que pueden trabajar de manera más individual sin la presencia de la maestra.

La experiencia de las maestras hizo posible la generación de nuevas formas de uso de las herramientas, por ejemplo, una de las maestras, dijo que el sistema está “chivísimo” y que le encanta, y que podría crear una estrategia de CAJA DE SORPRESAS para ir sacando los objetos y explorando con el estudiante. Otra maestra sugirió la narración de cuentos, en la cual aparezca un escenario en la pantalla del computador. Cada vez que se pase un objeto por el sensor podría aparecer dentro del escenario y con ellos crear una historia para motivar al estudiante que interactúe, verbalice y participe en el cuento

Con los resultados cuantitativos de la fase experimental y los cualitativos de las observaciones y opiniones de las maestras parece ser que la Interfaz Tangible de Usuario generó un mayor grado de interacción que la interfaz digital y la interfaz papel. La interfaz tangible propició espacios de interacción lúdicos y generaron emociones positivas en las maestras y estudiantes. El uso de los sistemas ubicuos parece ser la nueva tendencia en el futuro para la Educación Especial ya que favorece la accesibilidad y participación en ambientes inclusivos. El procesamiento de lenguaje natural parece fomentar la comunicación y verbalización de los estudiantes. La verbalización se hace natural incluso sin la presencia de la maestra, lo cual puede favorecer el aprendizaje autónomo. Los resultados obtenidos también permitieron evidenciar que los estudiantes mostraron mayor concentración, percepción visual y auditiva, motricidad al manipular objetos, atención y concentración al enfocarse en los objetos y no en la tecnología, memoria y abstracción al recordar el procedimiento para hacer sonar cada letra, y finalmente lenguaje al seguir un modelo de verbalización.

Los resultados descritos anteriormente evidencian que le objetivo se cumplió plenamente en el período julio 2015 a mayo 2016, tiempo en el cual se realizaron 2 publicaciones. El primero, en un congreso de Ciencias de la Computación (I coloquio de Procesamiento de Lenguaje Natural), el segundo en un Congreso de Educación (VIII Congreso Internacional de la Cátedra Unesco para la Lectura y Escritura) (Jadán-Guerrero, Guerrero, & Carpio-Brenes, 2015).

De forma general se puede indicar que los resultados obtenidos han permitido responder a la pregunta de investigación afirmativamente en tres áreas: lenguaje, en motivación y atención; y motricidad. No se ha podido responder afirmativamente en aspectos de aprendizaje de la lectura en sí, porque para ello se requiere un estudio más extenso y de tipo longitudinal. Sin embargo, queda abierta una investigación futura para comprobar algunas teorías de la Educación y Psicología, que indican que la emoción y el conocimiento van juntos (Carpio, 2012; Ramos, 2004; Troncoso & Mercedes, 2009).

# Capítulo 7

## 7. CONCLUSIONES

En este capítulo se resumen las principales conclusiones y lecciones aprendidas durante el proceso de investigación. Las conclusiones se presentan en función de los cuatro objetivos específicos planteados.

La principal contribución en el primer objetivo es el estado del arte que se realizó con la búsqueda bibliográfica exploratoria y el mapeo sistemático de literatura. Esta información servirá a la comunidad científica interesada en estudios futuros dentro de las Tecnologías de la Información y la Comunicación y de las Interfaces de Usuario Tangibles relacionadas a procesos de alfabetización.

La investigación de campo en tres países también constituye un aporte en el campo de la Educación Especial, ya que sintetiza los métodos, técnicas y recursos utilizados en el proceso de lectura inicial. Las entrevistas realizadas a dos autoras de métodos de lectoescritura constituyen una información valiosa y recabada de primera mano en los países donde llevan a cabo su labor.

La observación in-situ de los procedimientos y pedagogía utilizada para enseñar a estudiantes con síndrome de Down permitió al experimentador a desarrollar tecnologías emergentes para dar solución a una problemática real y poco explorada. Las lecciones aprendidas en este campo que era desconocido para el experimentador, le permitió diseñar una solución tecnológica.

El diseño de instrumentos de recolección de información, la validación con expertos y el procesamiento de la información recabada constituye una notable fortaleza para la formación de investigador y la realización de futuras investigaciones.

Las conclusiones generadas en la realización del segundo objetivo hacen referencia a la importancia del diseño de las herramientas y los contenidos en función del levantamiento de la información base relacionada a la problemática de la investigación.

La contribución en el campo de las Ciencias de la Computación es la especificación de los requerimientos funcionales de las herramientas tecnológicas y de la organización de la información con técnicas de prototipaje en papel y elaboración del guion de las actividades con la técnica de Storyboard. La aplicación de estas técnicas en un contexto complejo como la educación de estudiantes con síndrome de Down constituye una contribución en el campo de Interacción Humano-Computador.

La conclusión del tercer objetivo hace referencia a las guías de diseño de los tres prototipos generados, cada uno de ellos tiene su particularidad. Estas guías son relevantes para proveer a la comunidad científica de recursos para replicaciones en contextos en otros países o en poblaciones de similares características.

Otra contribución relacionada a las Interfaces Tangibles de Usuario es que puede ser adaptable y escalable. Esto se demostró al adaptar a dos métodos de lectoescritura y a dos interfaces, digital y tangible. El uso de objetos construidos en una impresora 3D permiten la escalabilidad de los recursos.

Las lecciones aprendidas para buscar soluciones que impacten a la sociedad a través de recursos de bajo costo permitieron buscar alternativas en la fabricación del kit, tales como juguetes de bajo costo o la adaptación a objetos del entorno. De igual manera el uso de sensores de tecnología abierta y de bajo costo son aportes que tienen un potencial impacto en la sociedad.

Las experiencias del uso de la tecnología RFID también constituye una contribución en el campo de la comunicación y Ciencias de la Computación. Las pruebas realizadas con diferentes sensores y tipos de materiales constituyen lineamientos para que nuevos estudios se generen en el área.

Las interfaces tangibles están basadas en el nuevo campo de la investigación denominado Internet de las cosas, en el cual los objetos se comunican e interactúan con dispositivos móviles a través del Internet. En este sentido constituye una contribución para el campo de la Computación Ubicua, para generar soluciones que permiten acercarse a la tecnología de una manera invisibilizada y no intrusiva.

En el cuarto objetivo se generaron importantes contribuciones, entre ellas el diseño experimental, instrumentos de registro de información y el procedimiento para registrar métricas de interacción. Los métodos observacionales y la generación de datos cuantitativos a partir de los cuantitativos también son aportes que deja la investigación.

En el campo de la Educación y Pedagogía se hicieron algunos aportes, entre ellos se demostró que las herramientas tecnológicas pueden adaptarse a métodos tradicionales, que el uso adecuado de la tecnología puede fortalecer procesos pedagógicos y generar ambientes favorables para el aprendizaje.

Al desarrollar una tecnología ubicua se observó que se promueve la interacción de los estudiantes y maestras y que la tecnología ubicua permitió que los participantes se enfocaran en las tareas y no tanto en la tecnología.

La interfaz tangible parece favorecer la conexión entre pensamiento abstracto y concreto, ya que activa el sistema sensorial de los estudiantes. Así mismo, la interfaz digital y tangible parece generar la iniciativa de los estudiantes.

La interfaz papel ofrecen una mayor adaptabilidad para que el profesorado pueda crear estrategias lúdicas de aprendizaje, en menor escala la digital y posiblemente la tangible para crear experiencias motivadoras.

Las publicaciones permitieron validar los avances de la investigación con expertos de la comunidad científica mundial, comenzando con conferencias nacionales, regionales, internacionales hasta llegar a conferencias y journals específicos del área de investigación. La estrategia de publicación fue otra lección aprendida ya que fue incremental, es decir, se comenzó con una publicación de la revisión bibliográfica de TIC en Educación Especial, se siguió con una publicación de la propuesta en un Consejo Doctoral, posteriormente con una publicación sobre

métodos y recursos utilizados en alfabetización de estudiantes con discapacidad intelectual, seguidamente la publicación de un prototipo con validación de expertos y finalmente publicaciones de los prototipos con aplicación en escenarios reales.

Finalmente, las contribuciones de este libro, en relación con las herramientas KITERACY y KITERACY PiFo, el proceso de diseño descrito, la guía de lineamientos generada y el proceso de evaluación, prometen tener un gran impacto en la Educación Especial con herramientas para el aprendizaje de la lectura inicial de estudiantes con síndrome de Down.

Se espera que esta investigación inspire a los futuros desarrolladores a crear más actividades con los productos y publicaciones generadas.

### **7.1. Otros hallazgos**

En esta sección se mencionan algunos hallazgos en los dos grupos evaluados. Por ejemplo, en Costa Rica en el Estilo de Instrucción Guiado las cuatro maestras comenzaron seleccionando la tarjeta de la vocal “a” y continuaron en orden hasta la “u”. Mostraban cada tarjeta al estudiante, verbalizan el fonema de la vocal y pedían que el estudiante repita. En este escenario se observó que las maestras son las que manipulaban las tarjetas, los estudiantes únicamente miraban sin tocarlas. Solo una maestra tomó la mano del estudiante para seguir el trazado del grafema con su dedo.

Las tarjetas permitían que las maestras generen estrategias de selección, por ejemplo, ubicaban algunas tarjetas sobre la mesa y preguntaban al estudiante dónde está determinada letra o pictograma. En este caso algunos estudiantes sólo señalaban la tarjeta sin verbalizar, la maestra tenía que motivar a que verbalicen. Una estrategia similar era la de adivinanza, en la cual daban las características del pictograma y el estudiante debía seleccionar y verbalizar. En algunos pictogramas los estudiantes mostraban interés, pero se notó que pasado los 5 minutos expresaban aburrimiento, se distraían o se recostaban sobre la mesa como señal de cansancio. Una de las maestras indicó que antes había trabajado con el método PiFo con estudiantes de preescolar y que la enseñanza de las vocales era muy rápida, en una semana ya identifican, sin embargo, estudiantes con problemas cognitivos es muy complicado y lento, que puede durar un mes sólo en las vocales.

En el Estilo de Instrucción Autónomo los estudiantes agruparon las tarjetas en un montón, tomando con las dos manos en sentido vertical dando unos leves golpes, similar a lo que hace las maestras antes de empezar. Posteriormente, las van pasando y mirando, algunos de ellos parecen que verbalizan en su mente los pictogramas que van viendo, pero no lo hace en voz alta, excepto por unas pocas que les llama la atención, como el “ojo” por ejemplo. No muestran mayor interés y no logran permanecer los 10 minutos con la actividad, las dejan en la mesa y se distraen en lo que pasa a su alrededor.

En Costa Rica, en el Estilo de Instrucción Guiado se observó un fenómeno interesante, a los estudiantes les llamó la atención la presencia de la tableta, algunos de ellos cambiaron de posición y se sentaban más erguidos. Incluso algunos de ellos quieren tomar la iniciativa, tocando la pantalla antes de que la maestra le de las instrucciones. Se sorprendían al escuchar que la Tablet verbaliza la vocal o palabra del grafema seleccionado. También les llamó la atención el video que mostraba el trazo del grafema. Dos maestras usaron la Tablet de manera similar a la interfaz papel, es decir, ellas sostenían la Tablet, seleccionaban el pictograma y los estudiantes solo miraban y verbalizaban. Las otras dos maestras compartían el control con los estudiantes, permitían que ellos tomen la iniciativa o incluso le tomaba de la mano y con el dedo señalaban juntos un determinado pictograma. Un problema que se presentaba con la interfaz digital es que los estudiantes con su propósito de experimentar tocaban otros botones y se salían de la aplicación, esto último también ocurrió en España.

En el Estilo de Instrucción Autónomo los seis estudiantes se limitaron a seleccionar los pictogramas, los miraban por pocos segundos sin verbalizar, excepto en pictogramas de animales y frutas que les llamaba la atención y verbalizaban en voz baja o levantaban la cabeza para mirar a su maestra y verbalizaban. Parece que esta interfaz causó mayor interés a los estudiantes, algunos de ellos no querían dejarla al finalizar los 10 minutos de la sesión. Sin embargo, se observó que limitó la generación de estrategias a las maestras, primero porque no tenían la flexibilidad para manipular las tareas como lo hacen con las tarjetas, segundo porque la pantalla de 10 pulgadas resultó muy pequeña

para que puedan interactuar la maestra y el estudiante. Sólo dos maestras intentaron generar una actividad de selección al decir las características de un concepto y pedir al estudiante que lo busque. Al parecer esta interfaz propicia más el trabajo individual, tal vez en un escenario en el aula con varios estudiantes y cada uno de ellos con una Tablet podría ser de mayor utilidad.

## 7.2. Alcance y limitaciones

Al finalizar la investigación, es importante anotar algunos alcances y limitaciones que se encontraron. En la contextualización del problema se habló de forma general de la importancia de la alfabetización, en la población con síndrome de Down. Sin embargo, ésta área abarca el desarrollo de algunas habilidades. El estudio de todas ellas sería un proceso muy complejo y extenso, por esta razón se ha delimitado al estudio del proceso de lectura inicial. Por otro lado, se ha hecho referencia a la discapacidad intelectual, pero de igual forma es un campo bastante amplio, lo que ha llevado a delimitar la población a estudiantes con síndrome de Down. Se ha mencionado que las TIC pueden ser un instrumento de mediación en el proceso de enseñanza-aprendizaje. También este término abarca un sinnúmero de elementos, entre ellos, hardware, software o interfaces de usuario. En este último elemento es el que centró en la investigación y el interés por diseñar soluciones computacionales emergentes basadas en Interfaces de Usuario Tangibles.

Es importante destacar que mediante el uso de la tecnología no se pretende modificar el o los métodos de alfabetización, pero si

apoyarse en los contenidos para apoyar el proceso de interacción. Es decir, mediante la creación de elementos que fomentan la interacción del profesorado y estudiantes, proporcionando especialmente a los estudiantes condiciones adecuadas que estimulen su aprendizaje.

Dado que la investigación pretende contribuir en el área de Ciencias de la Computación se limita al estudio a aspectos de interacción de la tecnología. En el cual se desarrollan directrices para el diseño de Interfaces de Usuario Tangibles e instrumentos de evaluación que contribuyen al campo de la Interacción Humano-Computador. Si bien es cierto, el contexto de aplicación se orienta al área de Educación, no fue parte del estudio una evaluación del aprendizaje de la lectura, ya que esto requiere un estudio longitudinal más profundo.

### **7.3. Trabajo Futuro**

Durante el proceso de investigación se fueron descubriendo nuevos usos de las interfaces tangibles. En ciertos casos hallazgos por errores involuntarios que se hicieron en la experimentación. A continuación, se plantean algunas posibilidades de investigación en el futuro.

El experimento no había considerado el uso de interfaces híbridas sin embargo se pudo evidenciar una oportunidad para futuras investigaciones, gracias a un error involuntario en el que se habían dejado las tarjetas de papel sobre la mesa mientras se realizaban las evaluaciones con la interfaz digital y la interfaz tangible.

En el proceso de experimentación se detectaron problemas en el reconocimiento de objetos, especialmente, los referentes a animales, tales como, perro, vaca, cebrá, burro, oveja y otros objetos tangibles, como agua, muñeca, que por su forma no permitía en el primer caso el alcance del sensor de 10 cm y en el segundo caso porque los tags RFID estaban en posición vertical. Este problema abre una posible vía de experimentación mediante el uso de más de un sensor, ubicados estratégicamente con el fin de cubrir el rango de lectura de los tags.

En el proceso de experimentación se detectaron problemas en el tiempo de respuesta de recuperación de la información debido al servicio de Internet. Este hecho abre la posibilidad de experimentar con una versión off line. En este campo se puede aprovechar el uso de una placa Arduino que se comunice con un módulo RFID y Bluetooth a una App en un dispositivo móvil.

Al evaluar la interfaz con el método PiFo se abrió la oportunidad de combinar las letras para formar sílabas y estas a su vez formar palabras y oraciones. Una interesante investigación futura es evaluar en un contexto fuera del aula de clase en la cual el kit sirva de apoyo de la lectura en el hogar.

Se realizó una evaluación exploratoria con estudiantes con discapacidad auditiva en la Escuela Centeno Güell de Costa Rica y se pudo evidenciar que los prototipos desarrollados también pueden favorecer a la interacción con estudiantes de con discapacidad auditiva y de lenguaje. Una investigación futura podría ser la adaptación de los prototipos con videos de lenguaje de señas LESCO.

En una exposición de la Universidad de Costa Rica, EXPO-UCR 2015 se presentó el prototipo de Kiteracy y llamó la atención al público en general, y sugería su utilización en estudiantes con discapacidad visual, estudiantes de preescolar para desarrollar habilidades de lenguaje y la enseñanza de otros idiomas. Estos campos potenciales de aplicación podrían convertirse en investigaciones futuras.

La presente investigación se centró en la evaluación de aspectos de interacción y emoción, sin, embargo no se evaluaron aspectos de aprendizaje y es una oportunidad para realizar un estudio longitudinal.

Una interesante investigación a nivel grupal podría ser el uso de varias tabletas en un escenario de aula de clase en donde intervienen varios estudiantes a la vez.

## GLOSARIO

AAL: Ambient Assisted Living, Asistencia Autónoma en la Vida de la personas

ECCL: Escuela de Ciencias de la Computación e Informática.

HCI: Human Computer-Interaction, es una disciplina que estudia la interacción de un usuario con sistemas computacionales.

IoT: Internet of Thing, Internet de las cosas

JAWS: Job Access With Speech, lector de pantallas para personas con discapacidad visual

Método Troncoso: Método global para lectoescritura de estudiantes con síndrome de Down

Método PIFO: Método pictofónico para lectoescritura.

NVDA: (Non Visual Desktop Access), es un lector de pantallas de código abierto que usan personas con discapacidad visual

NFC: Near Field Communication, es una tecnología de comunicación inalámbrica que permite la transmisión de datos por contacto de dos dispositivos.

PIFO: Método de lectoescritura pictofónico

PoC: Proof of Concept o prueba de concepto es una implementación, a menudo resumido o incompleto, de un método o de una idea.

RFID: Radio Frequency IDentification, es un sistema de tecnología de comunicación inalámbrica que usa etiquetas, tarjetas, transpondedores o tags para identificar y recuperar información.

Serious games: Videojuegos serios con fines educativos y

TUI: Tangible User Interface, interfaces de usuario tangibles

UbiCom: Ubiquitous Computing, disciplina que estudia la

computación ubicua

UCR: Universidad de Costa Rica.

UPV: Universidad Politécnica de Valencia

Web: Red mundial WWW.

WWW: World Wide Web, red mundial de documentos HTML interconectados entre sí y distribuidos entre servidores en el mundo entero.

## REFERENCIAS

- Aggarwal, R., & Lal Das, M. (2012). RFID Security in the Context of “Internet of Things.” SecurIT '12 Proceedings of the First International Conference on Security of Internet of Things, 51–56.
- Andújar, C., Benítez, N., Blanco, R., Bueno, J., Duk, C., Hernández, L., ... Torres, D. (2014). Avances y desafíos de la educación inclusiva en Iberoamérica. Retrieved January 23, 2016, from [http://www.oei.es/publicaciones/Metas\\_inclusiva.pdf](http://www.oei.es/publicaciones/Metas_inclusiva.pdf)
- Angulo, M. del C., Gijón, A., Luna, M., & Prieto Inmaculada. (2015). Síndrome de Down. Retrieved from <http://www.uihealthcare.org/Adam/?/Spanish/HIE/Multimedia/5/000997>
- Antoni, M. DI. (2009). Vigotski, desarrollo infantil y aportes para el aula costarricense. *Redalyc*, 9, 2–16.
- Asamblea Legislativa. (2004). Ley 7600 Igualdad de Oportunidades para las Personas con Discapacidad.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2012). Ley Orgánica de Discapacidades, 1–51.
- Avrahami, D., Wobbrock, J. O., & Izadi, S. (2011). Portico: tangible interaction on and around a tablet. Proceedings of the 24th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology - UIST '11, 347. doi:10.1145/2047196.2047241
- Barker, P. (2005). What is IEEE Learning Object Metadata/IMS Learning Resource Metadata? *Cetis Standards Briefings Series*, 1(5), 4. Retrieved from <http://publications.cetis.ac.uk/wp-content/uploads/2011/02/WhatIsIEEELOM.pdf>
- Bautista, J., Colomer, M., Cabrera-umpiérrez, M. F., Pérez, S. D. L. R., & Páramo, M. (2012). Developing an Augmentative Mobile Communication System, 269–274.

- Beltrán G., O. A. (2005). Revisiones sistemáticas de la literatura. *Rev. Colombiana de Gastroenterología*, 20(1), 60–69. Retrieved from [www.gastrocol.com/file/Revista/v20n1a09.pdf](http://www.gastrocol.com/file/Revista/v20n1a09.pdf)
- Bentolilla, A., & Germain, B. (2006). Learning to read : choosing languages and methods. *Literacy*, (April 2005).
- Börjesson, P., Barendregt, W., Eriksson, E., & Torgersson, O. (2015). Designing Technology for and with Developmentally Diverse Children - A Systematic Literature Review. *Interaction Design and Children*, IDC 2015, ACM Digital Library, 79–88. doi:10.1145/2771839.2771848
- Bravo, J., Hervás, R., & Chavira, G. (2005). Ubiquitous Computing in the Classroom : An Approach. *Journal of Universal Computer Science*, 11(9), 1494–1504.
- Bravo-Valdiviezo, L. (2000). Los procesos cognitivos en el aprendizaje de la lectura inicial. *Pensamiento Educativo*, 27, 49–68.
- Brotto Furtado, A. W., Falcão, T. P., Gomes, A. S., Eduardo, C., Rodrigues, M., & Sonnino, R. (2008). E-Du Box. *Proceedings of the 7th ACM Conference on Designing Interactive Systems - DIS '08*, 139–146. doi:10.1145/1394445.1394460
- Buckley, S. (2000). Living with Down syndrome. *Down Syndrome education online - Issues and Information*. doi:10.3104/9781903806012
- Cabeza, E. (2008). Metodología para la adquisición de una correcta conciencia fonológica. *Universidade de Vigo*, 2, 27–38.
- Carpio, M. de los Á. (2012). Eficacia de las estrategias pictofónicas en la enseñanza de la lectura inicial en Costa Rica: Un estudio longitudinal. (Departamento Interfacultativo de Psicología y

de la Educación, Ed.). Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.

Cerezo, E., Marco, J., & Baldassarri, S. (2015). More Playful User Interfaces. doi:10.1007/978-981-287-546-4

Chaves, A. (2001). La apropiación de la lengua escrita : un proceso constructivo, interactivo y de producción cultural., 1, 6.

Chisik, Y. (2015). Puppets Duets in [ E ] ngaging Major.

CONADIS. (2014). Registro Nacional de Discapacidades. Registro Nacional de Discapacidades, 1. Retrieved from [http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/03/conadis\\_registro\\_nacional\\_discapacidades.pdf](http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/03/conadis_registro_nacional_discapacidades.pdf)

Cordero Felisa, C., & García Fallas, J. (2013). Hacia la Sociedad de la Información y el Conocimiento. TIC y formación de docentes. Hacia La Sociedad de La Información Y El Conocimiento, 283–341.

Cuetos Vega, F. (2008). Psicología de la Lectura (Séptima Ed.). España: Wolters Kluwer España.

Díaz Rodríguez, N. (2015). Semantic and Fuzzy Modelling for Human Behaviour Recognition in Smart Spaces A Case Study on Ambient Assisted Living.

Díaz, J., Harari, I., & Amadeo, A. P. (2013). Guía de Recomendaciones para Diseño de Software Centrado en el Usuario.

Dix, A., Finlay, J., Abowd, G. D., & Beale, R. (2004). HUMAN-COMPUTER INTERACTION.

Epstein, A. S., Hobmann, C., & Hobmann, M. (2002). How Young Children Learn to Read in High / Scope Programs — .

- Escamilla, S. (1983). El Niño con Síndrome de Down. John Langdon Down Foundation, Mexico City, 48(3), 335.
- Fairley, P. (2014). Un termostato inteligente ofrece descuentos en la factura.pdf.
- Falcão, T. P., & Price, S. (2012). Tangibles for students with intellectual disabilities. Proc. of IDC '12, 371–374. doi:10.1145/2307096.2307172
- Fernández-Lozano, M. PazPuede-Ferreras, A., & Ferrando-Lucas, T. (2011). Lectura y escritura en niños con síndrome x frágil : estrategias de intervención. Anales de Psicología, 27, 808–815.
- Ferreyra, J. A., Méndez, A., & Rodrigo, M. A. (2009). El uso de las TIC en la Educación Especial : Descripción de un Sistema Informático para Niños Discapacitados Visuales en Etapa Preescolar. Revista Iberoamericana de Tecnología En Educación Y Educación En Tecnología, 3, 55–62.
- Gallego Ortega, J. L., Gómez Pérez, I., & Ayllón Blanco, M. F. (2016). Eficacia de un programa de desarrollo del habla en niños con trastorno fonológico. Revista Complutense de Educación, 27, 805–826. Retrieved from [http://dx.doi.org/10.5209/rev\\_RCED.2016.v27.n2.48369](http://dx.doi.org/10.5209/rev_RCED.2016.v27.n2.48369)
- García, M. T. (2002). La concepción histórico-cultural de L. S. Vigotsky en la educación especial. Revista Cubana de Psicología, 19(2), 95–98.
- García-Chamizo, J. M., & Nieto-Hidalgo, M. (2014). Formalización algebraica del método de arriba hacia abajo de diseño tecnológico, 1–32.
- Garzotto, F., & Gonella, R. (2011). An open-ended tangible environment for disabled children's learning. In Proceedings of the 10th International Conference on Interaction Design

and Children - IDC '11 (pp. 52–61). New York, New York, USA: ACM Press. doi:10.1145/1999030.1999037

Gómez, G. (2008). El uso de la tecnología de la información y la comunicación y el diseño curricular. *Revista Educación*, Universidad de Costa Rica.

Guerrero, J. (2012). AINIDIU, CANDI, HELPMI: ICTs of a personal experience. 2012 Workshop on Engineering Applications, WEA 2012, 1–7. doi:10.1109/WEA.2012.6220097

Guía, E. De, Lozano, M. D., & Penichet, V. M. R. (2013). Co-StiCap : Sistema Basado en Interfaces de Usuario Distribuidas y Tangibles Para Mejorar las Capacidades Cognitivas en Niños con TDAH, 61–68.

Haro, B. P. M., Santana, P. C., & Magaña, M. a. (2012). Developing reading skills in children with Down syndrome through tangible interfaces. *Proceedings of the 4th Mexican Conference on Human-Computer Interaction - MexIHC '12*, 28. doi:10.1145/2382176.2382183

Hasso, P. (2013). An introduction to Design Thinking, 1–15. doi:10.1007/978-1-4302-6182-7\_1

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación* (Cuarta Edi.). Mc Graw Hill.

Hevner, A., & Chatterjee, S. (2010). *Design Science Research in Information Systems*. *Design Research in Information Systems* (Vol. 22). doi:10.1007/978-1-4419-5653-8

INEC Costa Rica. (2011). *X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda 2011: Características Sociales y Demográficas*.

Ishii, H., & Ishii, H. (2008). The tangible user interface and its evolution. *Communications of the ACM*, 51(6), 32–36. doi:10.1145/1349026.1349034

- Ishii, H., & Ullmer, B. (1997). Tangible bits. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems CHI 97, 39, 234–241. doi:10.1145/258549.258715
- Jadan-Guerrero, J. (2013). AINIDIU : An experience among university , organizations and government. Computing Conference (CLEI), 2013 XXXIX Latin American, 1–8.
- Jadán-Guerrero, J. (2013a). AINIDIU : An experience among university , organizations and government. Computing Conference (CLEI), 2013 XXXIX Latin American, 1–8.
- Jadán-Guerrero, J. (2013b). LUCKI : A non-traditional user interface for SEN children. Doctoral Consortium of 7th International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence (UCAml 2013).
- Jadán-Guerrero, J. (2014). An experience of technology transfer success of software for children with disabilities . CLEI Electronic Journal, 17(2), 1–14.
- Jadán-Guerrero, J., & Guerrero, L. A. (2014). Experiences and Challenges in Designing Non-traditional Interfaces to Enhance the Everyday Life of Children with Intellectual Disabilities. Lecture Notes in Computer Science, Computers Helping People with Special Needs, 8548, 164–171.
- Jadán-Guerrero, J., & Guerrero, L. A. (2015). A Virtual Repository of Learning Objects to Support Literacy of SEN Children. IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías Del Aprendizaje, 10(3), 168–174.
- Jadán-Guerrero, J., & Guerrero, L. A. (2016). Interfaces de usuario no tradicionales como instrumentos de mediación en el proceso de alfabetización de estudiantes con capacidades intelectuales diferentes. (INIE, Ed.). San José - Costa Rica: Vygotski: Su legado en la investigación en América Latina.

- Jadán-Guerrero, J., Guerrero, L. A., & Carpio-Brenes, M. A. (2015). Interacción y accesibilidad para una educación inclusiva : Un enfoque de computación ubicua y lingüística computacional . Interaction and accessibility to inclusive education : An approach to ubiquitous computing and computational linguistics . *Revista Káñina, Universidad de Costa Rica*, 1–14.
- Jadán-Guerrero, J., Guerrero, L., López, G., Cáliz, D., & Bravo, J. (2015). Creating TUIs Using RFID Sensors--A Case Study Based on the Literacy Process of Children with Down Syndrome. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 15(7), 14845–63. Retrieved from <http://www.mdpi.com/1424-8220/15/7/14845/htm>
- Jadán-Guerrero, J., Jaen, J., Carpio, M. de los Á., & Guerrero, L. A. (2015). Kiteracy: A Kit of Tangible Objects to Strengthen Literacy Skills in Children with Down Syndrome. *Interaction Design and Children, IDC 2015*, 15–18.
- Jadán-Guerrero, J., López, G., & Guerrero, L. A. (2014). Use of Tangible Interfaces to Support a Literacy System in Children with Intellectual Disabilities. *International Conference on Ubiquitous Computing & Ambient Intelligence*, 108–115.
- Kitchenham, B., Pearl Brereton, O., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering - A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 51(1), 7–15. doi:10.1016/j.infsof.2008.09.009
- Kleiman, J., & Pope, M. (2013). RoyoBlocks : An Exploration in Tangible Literacy Learning, 543–546. doi:10.1145/2485760.2485861
- Kortum, P. (2008). HCI Beyond the GUI: Design for Haptic, Speech, Olfactory, and Other Nontra-ditional Interfaces. *HCI beyond the GUI: design for haptic, speech, olfactory and*

other nontraditional interfaces.

- Kriara, L., Alsup, M., Corbellini, G., Trotter, M., Griffin, J. D., & Mangold, S. (2013). RFID shakables. *Proceedings of the Ninth ACM Conference on Emerging Networking Experiments and Technologies - CoNEXT '13*, 327–332. doi:10.1145/2535372.2535404
- Kumin, L. (2014). *Síndrome de Down: habilidades tempranas de comunicación - Alfabetización y Lenguaje*. Santander-España: Fundación Iberoamericana Down21.
- León, O., & Montero, I. (2003). *Métodos de Investigación en Psicología y Educación*. Madrid: McGraw-Hill.
- López Chamorro, I. (1989). El Juego En La Educación Infantil Y Primaria. *Revista de La Educación En Extremadura*, 19–37.
- López, G., López, M., & Guerrero, L. A. (2013). An Augmented Object Prototype for Helping to Prevent the Sudden Infant Death Syndrome, 132–135.
- Marco, J., Cerezo, E., & Baldassarri, S. (2013). Bringing tabletop technology to all: Evaluating a tangible farm game with kindergarten and special needs children. *Personal and Ubiquitous Computing*, 17(8), 1577–1591. doi:10.1007/s00779-012-0522-5
- Martínez, A. (1997). *Síndrome de down: Necesidades educativas y desarrollo del lenguaje*. Instituto Para El Desarrollo Curricular Y La Formación Del Profesorado Area.
- Matturro, G., & Saavedra, J. (2012). Factores que Inciden en la Mejora de Procesos de Software: Un mapeo sistemático de litarura.
- Melero, M. L. (2011). Barreas que impiden la escuela inclsuiva y algunas estrategias para construir una escuela sin exclsuiones, 37–54.

- Mendieta, A., Holst, B., Montiel, H., & Campos, G. (2004). La discapacidad en Costa Rica : situación actual y perspectivas, 1–51.
- Mitjans Martínez, A. (2009). La perspectiva histórico-cultural y la educación especial: contribuciones iniciales y desarrollos actuales. *Actualidades Investigativas En Educación*, 9. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3104713&orden=230597&info=link> \n<http://dialnet.unirioja.es/servlet/extart?codigo=3104713>
- Montgomery, D. C. (2001). Design and analysis of experiments-second edition. *Quality and Reliability Engineering International*. doi:10.1002/qre.4680030319
- Muñoz, J. E., Villada, J. F., Carlos, J., & Trujillo, G. (2013). Exergames : una herramienta tecnológica para la actividad física, 19(3), 126–130.
- Muñoz, L., Brenes, M., Bujanda, M. E., Mora, M., Núñez, O., Zúñiga, M., & UNICEF. (2013). Programa TIC y Educación Básica. *Las políticas TIC en los sistemas educativos de América Latina: Caso Costa Rica*.
- Necuzzi, C. (2013). Programa TIC y Educación Básica.
- Neumann, M., Hyde, M., Neumann, D., Hood, M., & Ford, R. (2012). *Multisensory Methods for Early Literacy Learning*. Nova Science Publishers, 197–216.
- Neumann, M. M., Hood, M., & Ford, R. M. (2013). Using environmental print to enhance emergent literacy and print motivation. *Reading and Writing*, 26(October), 771–793. doi:10.1007/s11145-012-9390-7
- Norgaard, C., Burleson, W., & Sadauskas, J. (2012). Fostering Early Literacy Skills in Children’s Libraries: Opportunities for Embodied Cognition and Tangible Technologies, 1, 50–59.

- Nugent, C., Coronato, A., & Bravo, J. (2013). Ambient Assisted Living and Active Aging.
- O'Malley, C., & Stanton Fraser, D. (2004). Literature Review in Learning with Tangible Technologies. doi:papers2://publication/uuid/EDD99909-5D5D-4177-8916-B3C1803CFF8B
- Ortíz, J. C. (2003). Qué es la experiencia del usuario en el diseño de producto, (200), 1–10.
- Papert, S. (1993). The Children's Machine. Rethinking School in the Age of Computer. The Children ' S Machine.
- Pedraza, H., & Acle, G. (2009). Formas de interacción y diálogo maestro-alumno con discapacidad intelectual en clases de español. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 14, 431–449.
- Pennington, B., Moon, J., Edgin, J., Stedron, J., & Nadel, L. (2003). The Neuropsychology of Down Syndrome: Evidence for Hippocampal Dysfunction. Retrieved January 24, 2016, from [http://mddlab.arizona.edu/Pennington .pdf](http://mddlab.arizona.edu/Pennington.pdf)
- Pérez, D., Mendoza, E., Carballo, G., Fresneda, M. D., & Muñoz, J. (2012). Repetición de pseudopalabras en niños con síndrome de Down. *Revista Onomazein*, 26, 377–390.
- Preece, J., Sharp, H., & Yvonne, R. (2015). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*, 4th Edition, 42–69. doi:10.1016/B978-0-12-374849-2.00004-6
- Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants. *From On the Horizon*, 9, 1–6.
- Puebla, S., Alarcón, B., Valdés, M. V., Pastellides, P., & Gómez, L. (2010). Métodos de investigación en educación especial.
- Ramos, J. I. (2004). Enseñar a leer a los alumnos con

discapacidad intelectual: una reflexión sobre la práctica. *Revista Iberoamérica de Educación*, 34(2004), 201–216. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1000440>

Rodríguez, E. R. (2004). Programa de educación emocional para niños y jóvenes con síndrome de Down. Retrieved January 22, 2016, from <http://sid.usal.es/idocs/F8/ART7142/programas.pdf>

Rodriguez, W. (2002). Herramientas culturales y transformaciones mentales. *Ciencias de La Conducta*, 17, 12–19.

Rosas, R. (2010). Tecnología Educativa para Educación Especial : Una perspectiva Histórico Cultural para el diseño de Programas, 1–14.

Saffer, D. (2007). *Designing for Interaction, Second Edition: Creating Innovative Applications and Devices. Computers & Education (Vol. 42)*. Berkeley: New Riders. doi:10.1016/j.compedu.2003.10.004

Schafer, G. J., Allport, R., Zheng, X., Gift, R., Padmakumar, A., Green, K. E., ... Zhao, J. (2013). Designing the LIT KIT, an interactive, environmental, cyber-physical artifact enhancing children's picture-book reading. *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children - IDC '13*, 281–284. doi:10.1145/2485760.2485795

Shaer, O. (2009). *Tangible User Interfaces: Past, Present, and Future Directions. Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, 3(1-2), 1–137. doi:10.1561/1100000026

Shaer, O. Z. (2008). *A Visual Language for Specifying and Programming Tangible User Interfaces*, (August), 248. Retrieved from <http://books.google.com/books?id=MQc6WTtUJQC&pgis=1>

- Sharlin, E., Watson, B., Kitamura, Y., Kishino, F., & Itoh, Y. (2004). On tangible user interfaces, humans and spatiality. *Personal and Ubiquitous Computing*, 8(5), 338–346. doi:10.1007/s00779-004-0296-5
- Silva, C. (2014a). Curso para trabajar la dislexia en casa y en el aula: Tema 2, Fase preventiva 1, (Primeros años del desarrollo). *Formación Ladislexia.net*, 1–34. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Silva, C. (2014b). Curso para trabajar la dislexia en casa y en el aula: Tema 4: Fase preventiva 3,(Durante el inicio de la enseñanza de la lectoescritura). *Formación Ladislexia.net*, 1–34. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Sternberg, R., & Sternberg, K. (1999). *Cognitive Psychology, Sixth Edition (6ta ed.)*. Belmont,: Wadsworth, Cengage Learning. doi:10.1126/science.198.4319.816
- Sylla, C., Branco, P., & Coutinho, C. (2011). TOK: a tangible interface for storytelling. *CHI'11 Extended ...*, 1–4. doi:10.1145/1979742.1979775
- Tanenbaum, J., Tanenbaum, K., El-nasr, M. S., & Hatala, M. (n.d.). *Authoring Tangible Interactive Narratives Using Cognitive Hyperlinks*.
- Tanenbaum, K., Tanenbaum, J., Antle, A. N., Bizzochi, J., Seif, M., & Hatala, M. (2011). Experiencing the Reading Glove. *TEI'11*, January 22–26, 137–144. doi:10.1145/1935701.1935728
- Tangarife, D., Blanco, M., & Díaz, G. M. (2016). Tecnologías y metodologías aplicadas en la enseñanza de la lectoescritura a personas con síndrome de Down. *Digital Education Review*, (29), 264–282. Retrieved from <http://greav.ub.edu/der/264>
- Troncoso, M. V., & Flóres, J. (2011). Comprensión en la lectura de las personas con síndrome de Down. *Revista Síndrome de*

Down, 28, 50–60.

Troncoso, M. V., & Mercedes, M. (2009). *Lectura y Escritura*. Fundación Cantabria, España.

UNESCO. (2008). “La Educación Inclusiva: El Camino Hacia El Futuro.” Conferencia Internacional De Educación.

UNICEF. (2013). *Estado Mundial de la Infancia 2013. Niñas y niños con discapacidad*. Nueva York: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia.

UNICEF. (2014). *Estado mundial de la infancia 2015: Reimaginar el futuro. Innovación para todos los niños y niñas. Resumen*.

Ureno, S. (2012). *Using Multisensory Methods in Reading and Literacy Instruction*.

Vaillant, D., & UNICEF. (2013). *Programa TIC y Educación Básica. Integración de TIC en los sistemas de formación docente inicial y continua para la Educación Básica en América Latina*.

Vásquez, M. C. C. G. R., Rosa, M. C. C. I., & Gómez, M. (2012). *Implementación de la NUI para la construcción de aplicaciones que apoyen al aprendizaje*. Primer Foro Universitario de Software Libre.

Vygotski, L., Leóntiev, A., & Luria, A. (2004). *Psicología y Pedagogía*.

Wall, W. D. (1980). *Educación constructiva para grupos especiales: Niños con problemas de aprendizaje*. Ginebra: UNESCO.

Wang, D., Zhang, C., & Wang, H. (2011). *T-Maze : A Tangible Programming Tool for Children*, 127–135.

Weevers, I., Sluis, W., van Schijndel, C., Fitrianie, S., Kolos-Mazuryk, L., & Martens, J.-B. (2004). *Read-It: A multi-modal*

tangible interface for children who learn to read. Proceedings of the 3rd International Conference on Entertainment Computing - ICEC '04, 226–234. doi:10.1007/978-3-540-28643-1\_29

Wieringa, R. (2010). Design science methodology. the 32nd ACM/IEEE International Conference. doi:10.1145/1810295.1810446

Xu, D. (2005a). Tangible user interface for children-an overview. Proceedings of the SIXTH Conference in the ..., (Weiser 1993).

Yang, Y., Conners, F. A., & Merrill, E. C. (2014). La habilidad visuo-espacial en el síndrome de Down : ¿ es realmente un punto fuerte ?, 134–141.

Zuckerman, O., Arida, S., & Resnick, M. (2005). Extending Tangible Interfaces for Education: Digital Montessori-inspired Manipulatives. CHI'05 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 859–868. doi:10.1145/1054972.1055093

## ANEXOS

### A. Proceso del Mapeo Sistemática de Literatura

Para llevar a cabo el mapeo sistemático de literatura se realizaron tres fases: Planeación, Ejecución y Reporte. En la primera se formularon las preguntas de interés y los criterios de inclusión y exclusión de los estudios. En segunda, se hizo una localización y selección de los estudios relevantes; así como la extracción de datos de los estudios primarios. Finalmente, en la tercera se realizó un análisis y presentación de los resultados.

Las preguntas del mapeo sistemático de literatura hacen referencia a un tema específico dentro de todo el marco de la investigación. Las preguntas de investigación en un mapeo sistemático suelen abordar cuestiones acerca de las frecuencias de artículos o investigadores en algún tema de interés, cuánta actividad de investigación se ha realizado en el área, qué tipos de estudio se han llevado a cabo, revistas y conferencias en que se han publicado (Beltrán G., 2005). Las preguntas planteadas para el mapeo sistemático de esta investigación fueron las siguientes:

¿Qué tipo de investigaciones relacionadas al síndrome de Down existen?

¿Existen estudios en el proceso de alfabetización de estudiantes con síndrome de Down?

¿Qué tecnologías existen para fortalecer la educación de estudiantes con síndrome de Down?

¿Qué tipo de tecnologías basadas en Interfaces de Usuario

Tangible existen?

¿Existen tecnologías basadas en Interfaces de Usuario Tangibles para estudiantes con síndrome de Down?

Los criterios de selección, también denominado protocolo o criterios de inclusión/exclusión, tienen por propósito identificar, del total de artículos encontrados en las búsquedas, aquellos que proporcionen evidencias directas acerca de las preguntas de investigación (Maturro & Saavedra, 2012). Los criterios de inclusión/exclusión definidos para este estudio fueron:

Inclusión:

Full papers (6+ páginas)

Artículos escritos en inglés

Fecha: 2000 - 2015

Conferencias con ranking (CORE)

Journals SCOPUS, Web of Science ISI

Búsqueda en el Resumen y en el Título

Exclusión:

Artículos en los que las siglas “DS” no signifiquen Down Syndrome

Artículos publicados en revistas de conferencias no arbitradas

La búsqueda se realizó en seis bases de datos científicas: ACM Digital Library, IEEE XPLORE, Springer, Scopus y Web of Science. En la cadena de búsqueda inicial se consideraron todas las posibles palabras clave de interés de la investigación. Las palabras claves tenían relación con el campo de estudio HCI, seguidas con el síndrome de Down y la categoría estudiantes. Finalmente, aspectos de interacción y evaluación, técnicas o metodologías

de diseño y sistemas, plataformas o prototipos. Esta cadena fue la siguiente:

(HCI or “human-computer interaction” or “human computer interaction”) AND (“down syndrome” or “DS” or “Down’s syndrome”) AND (children) AND (design OR designing OR “design technique” OR “design method”) AND (evaluate OR evaluation OR evaluating OR “evaluation technique” OR “evaluation method” OR “evaluation process” OR “evaluation methodology”) AND (framework OR system OR Prototype OR software OR tool).

Al combinar todas estas palabras claves no se obtuvieron resultados, lo que llevó a depurar la cadena de búsqueda, como la que se muestra en la Tabla 18 en cada una de las bases de datos.

**Tabla 18: Criterios de búsqueda en el mapeo sistemático de literatura.**

No.	Base de datos	Criterio de búsqueda
1	ACM	(Abstract:(“down syndrome” or “Down’s syndrome” or “Tangible User Interface” or “TUI”) or (Title:(“down syndrome” or “Down’s syndrome” or “Tangible User Interface” or “TUI”))
2	IEEE XPLORE	OR (“Abstract”:down syndrome) OR (“Abstract”:Down’s syndrome) OR (“Abstract”:Tangible User Interface”) OR (“Abstract”:TUI”))
3	SPRINGER	OR (“Title”:down syndrome) OR (“Title”:Down’s syndrome) OR (“Title”:Tangible User Interface”) OR (“Title”:TUI”))
4	SCOPUS	(Abstract:(“down syndrome” or “Down’s syndrome” or “Tangible User Interface” or “TUI”) or (Title:(“down syndrome” or “Down’s syndrome” or “Tangible User Interface” or “TUI”))
5	Web of Science	(Abstract:(“down syndrome” or “Down’s syndrome” or “Tangible User Interface” or “TUI”) or (Title:(“down syndrome” or “Down’s syndrome” or “Tangible User Interface” or “TUI”))
		(Abstract:(“down syndrome” or “Down’s syndrome” or “Tangible User Interface” or “TUI”) or (Title:(“down syndrome” or “Down’s syndrome” or “Tangible User Interface” or “TUI”))
		(Abstract:(“down syndrome” or “Down’s syndrome” or “Tangible User Interface” or “TUI”) or (Title:(“down syndrome” or “Down’s syndrome” or “Tangible User Interface” or “TUI”))
		(Abstract:(“down syndrome” or “Down’s syndrome” or “Tangible User Interface” or “TUI”) or (Title:(“down syndrome” or “Down’s syndrome” or “Tangible User Interface” or “TUI”))
		(Abstract:(“down syndrome” or “Down’s syndrome” or “Tangible User Interface” or “TUI”) or (Title:(“down syndrome” or “Down’s syndrome” or “Tangible User Interface” or “TUI”))
		(Abstract:(“down syndrome” or “Down’s syndrome” or “Tangible User Interface” or “TUI”) or (Title:(“down syndrome” or “Down’s syndrome” or “Tangible User Interface” or “TUI”))

Fuente: Elaboración del autor

Es importante destacar que fue necesario investigar el funcionamiento de los motores de búsqueda que ofrecían las diferentes bases de datos. No en todas ellas funcionaba la misma cadena de búsqueda, por ejemplo, en IEEE Xplore era diferente como se puede observar en la Tabla 18. También es importante destacar que se encontró que Scopus y Web of Science indexan artículos de las otras tres bases de datos, por lo cual se debía tener cuidado en la selección y conteo de los artículos resultantes.

En la Figura 63 se muestra un ejemplo de la corrida en la base de datos ACM Digital Library. En la cual se utilizaron dos palabras claves “down syndrome” y “Down’s syndrome”, se excluyó de la cadena la palabra “DS” que también algunos autores utilizan para referirse al síndrome de Down. La razón de esta exclusión fue que en las corridas de prueba se mostraban artículos relacionados a otras áreas que también utilizan “DS” para representar términos, como “Data system” o “Data sequence”

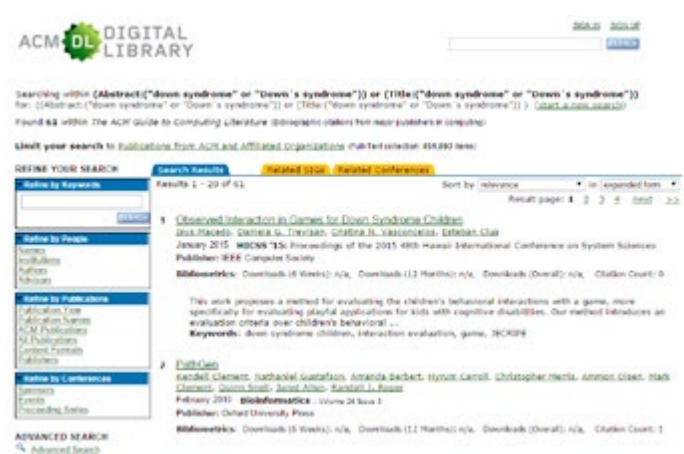


Figura 63: Ejemplo de una corrida en la base de datos ACM Digital Library

**Tabla 19: Resumen de Interfaces Tangibles de Usuario diseñadas para estudiantes**

No	TUI	Año	Tecnología	Población	Objetivo	Resultados	Problemas
1	Read-it	2004	Tabletop. - Tablero similar a una mesa convencional, cuya superficie es aumentada mediante la proyección de imagen y sonido procedente de una aplicación informática y en el que la interacción con dicha aplicación se lleva a cabo mediante movimientos de los dedos en contacto con la superficie de la mesa (multitáctil).	Escolar 5-7 años	Colaboración y desarrollo de habilidades de memoria para preparación de la lectura.	Se realizó una evaluación experimental con 15 estudiantes de 5 a 7 años de edad. El estudio piloto confirmó que los estudiantes fueron capaces de captar y utilizar los principales conceptos del sistema, como la realidad aumentada y el medio multimodal. Ellos se sintieron motivados y lo sentían como entretenimiento.	Uno de los problemas encontrados fue en la parte de colaboración, ya que las métricas fueron variables entre las diferentes parejas, probablemente debido a las diferencias en la dominancia entre los estudiantes dentro de un par.
2	E-du Box	2008	Plataforma de hardware y software que integra un lápiz especial que vibra, un agente físico interactivo, una computadora conectadas vía Bluetooth	Escolar 5-6 años	Desarrollo de habilidades para lectura y escritura	Se realizó una evaluación experimental con 6 estudiantes de 5 a 6 años de edad. Los estudiantes se involucraron durante todo el experimento. Se mostraron pacientes y de buen humor, y no mostraron reacciones negativas a la espera de interactuar con el sistema.	Los estudiantes se concentraban en la forma de manipular la interfaz en lugar de pensar en el concepto de estudio. El rón con forma de pluma resultó ser una buena idea, sin embargo, debe mejorarse con el fin de reaccionar mejor y capturar los movimientos del estudiante.
3	NIKVision	2010	Tabletop. - Tablero interactivo que simula una superficie multimodal y se integra con un conjunto de juguetes tangibles.	Pre-escolar 4-5 años	Introducción de nuevo vocabulario a través de actividades en una granja	Se realizó una evaluación experimental con 6 estudiantes de 4 a 5 años de edad. Se trabajó en parejas, de las cuales en la primera no utilizaron los juguetes, la segunda pareja trató de competir y en la tercera se evidenció algo de colaboración	Uno de los problemas es el equipamiento complejo que se necesita. Así como la identificación de los objetos.
4	T-Maze	2011	Utiliza una cámara web y una placa Arduino para capturar la secuencia y tipo de bloques	Escolar 5-9 años	Está orientada al desarrollo de habilidades de programación básica		Este tipo de interfaz requiere mayores conocimientos cognitivos. Los estudiantes al inicio pensaban que se trataba de un laberinto y no entendían el concepto de un programa que se ejecuta por una secuencia de pasos. Otro problema, fue la confusión con las flechas de dirección.

5	Reading Glove	2011	Arduino Lilypad + RFID. Un quante que identifica objetos	Estudiantes graduados y por graduarse de una escuela	Experiencias narrativas	Los participantes reportaron que la presencia de los objetos físicos les ayudó a empezar una inmersión imaginativa de la historia. Las guías presentadas en el diseño de TUIs ayudarán a crear nuevas interfaces tangibles	No se visualiza una palabra en ninguna parte ya que se desea que desarrollen experiencias narrativas. A pesar que se provee un sistema de percepción táctil, el usuario no puede desarrollar habilidades sensoriales al máximo
6	Tok	2011	Plataforma con el formato de un libro de dos páginas y un juego de tarjetas de papel con pictogramas. La página izquierda tiene ranuras y la página derecha una mini computadora embebida.	Pre-escolar 4-5 años	Desarrollo de habilidades de lenguaje a través de actividades de narración.	Los participantes demostraron interés y capacidad para crear nuevas historias.	El espacio limitado de las ranuras.
7	RoyoBlocks	2013	Es un oso de peluche que lee palabras escritas en bloques de madera a través de tecnología RFID	Pre-escolar	Desarrolla habilidades de lectura	La pronunciación de las palabras y la construcción de oraciones motiva a los estudiantes a u autoaprendizaje de manera lúdica.	Necesita la construcción de muchos bloques de madera para ampliar el conjunto de palabras.
8	Table Top	2013	Tabletop - Tablero interactivo que simula una superficie multimodal y se integra con un conjunto de juguetes tangibles.	Síndrome de Down	Desarrolla habilidades de lectura	El sistema fue evaluado con estudiantes con síndrome de Down, logrando altos niveles de motivación	Complejo en la instalación de la herramienta, dado que necesita un computador, una cámara, un proyector y un espejo que se ubican de bajo de la mesa.
9	Magic Cloud	2014	Pelucho en forma de nube que identifica objetos a través de un sensor RFID.	Escolar	Desarrolla habilidades de lenguaje a través de la narración	Motivación y colaboración	Es de uso general para asociación de imágenes y videos, pero no contiene actividades específicas orientadas a la enseñanza de la lectura
10	Co-StiCap	2013	Sistema basado en juegos que hace uso de tecnología NFC (Near Field Communication) y Web para permitir interacción natural con objetos tangibles.	Estudiantes con déficit atencional TDAH	El objetivo principal del sistema es ofrecer juegos de estimulación cognitiva para	En la evaluación participaron 12 estudiantes diagnosticados con TDAH. Se pudo evidenciar que el mecanismo de interacción ofrece una interacción sencilla e intuitiva permitiendo eliminar la barrera tecnológica existente entre las personas que tienen limitaciones. Los resultados de la evaluación fueron muy positivos, los participantes disfrutaron con el sistema y se pudo evidenciar después de varias iteraciones las mejoras cognitivas y comunicativas.	Un problema es la escalabilidad de las interfaces tangibles. Estas son estáticas y generalmente son diseñadas para que participen pocos usuarios

11	Lit Kit	2013	Utiliza la tecnología Arduino que se comunica con Cubos Sítteo para controlar acciones de multimedia en un libro físico.	Escolar	Desarrolla habilidades de lectura	A través de sistemas interactivos y tangibles se busca invisibilizar la tecnología, para que los estudiantes se concentren en las actividades y no en los aparatos.	Se necesita adquirir Cubes y estos pueden ser limitados.
12	Puppet Duets	2015	Marionetas de peluche como avatares digitales en un escenario de teatro	Escolar	Desarrolla habilidades de lenguaje a través de la narración	Motivación y colaboración	Estudiantes requieren mucho esfuerzo cognitivo

Fuente: Elaboración del auto

## B. Encuesta sobre el uso de pedagogía y tecnología en la Educación Especial

Gracias por dedicar unos minutos para completar esta encuesta que tiene por objeto recabar información sobre el uso de pedagogía y tecnología en la educación especial. Los datos recabados serán utilizados en el proyecto de investigación “Diseño y desarrollo de interfaces no tradicionales con fines educativos y terapéuticos” que desarrolla el Centro de Investigaciones en Tecnologías de la Información y la Comunicación (CITIC), como parte del Doctorado PHD en Computación de la Universidad de Costa Rica.

Encuestador: Msc. Ing. Janio Jadán Guerrero  
 Fecha: 19 /02 /2014

<b>ENCUESTA SOBRE LAS NECESIDADES DE ESTUDIANTES CON DISCAPACIDAD INTELECTUAL</b>	
Objetivo: Identificar recursos que ayuden a mejorar el aprendizaje de estudiantes con discapacidad intelectual	
Dirigida a : Profesorado y/o pedagogos de Educación Especial	
Pais:	Ciudad:
Institución:	Nivel al que imparte:
Profesión:	Género (M/F) :

1. ¿En qué grupo de edad se encuentran los estudiantes con discapacidad intelectual con los que Usted ha trabajado?

- 0 – 5 años [ ]
- 6 – 13 años [ ]
- 14 – 21 años [ ]

2. Liste las 5 competencias más importantes que Ud. considera que un estudiante con discapacidad intelectual debe aprender dentro de sus clases o terapias

- 1. \_\_\_\_\_ 4. \_\_\_\_\_
- 2. \_\_\_\_\_ 5. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_

3. Liste las 5 competencias más importantes que Ud. considera que un estudiante con discapacidad intelectual debe aprender para mejorar su calidad de vida.

- 1. \_\_\_\_\_ 4. \_\_\_\_\_
- 2. \_\_\_\_\_ 5. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_

4. ¿En qué escala cree Ud. que es importante que un estudiante con discapacidad intelectual aprenda a leer?

Muy importante	Importante	Moderadamente importante	Poco importante	No es importante
1	2	3	4	5

¿Por qué?

---



---



---

5. ¿Qué métodos utiliza para enseñar a leer y escribir a estudiantes con discapacidad intelectual?

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

6. ¿En qué se diferencia el método Troncoso y Del Cerro de Otros?

---

---

---

---

---

7. ¿Desde cuándo se utiliza este método en España?

---

---

---

8. ¿Cómo fue el proceso de socialización y adopción por instituciones de educación especial?

---

---

---

---

---

9. ¿Qué tiempo promedio se requiere para que un estudiante con discapacidad intelectual moderada pueda aprender a leer y escribir?

---

---

---

---

10. ¿Qué instituciones están utilizando este método?

---

---

---

---

11. ¿Qué experiencias nos puede compartir sobre el método?

---

---

---

---

---

12. ¿Qué debilidades encuentra en el método?

---

---

---

---

13. ¿Cómo ha cambiado la vida en estudiantes que han usado el método?

---

---

---

---

14. ¿Qué tipo de recursos utiliza usted en el método?

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

15. ¿Cree que la aplicación del método usando medios tecnológicos podrían mejorar el aprendizaje?

---

---

---



---

16. ¿Qué tipo de equipos tecnológicos utiliza con los estudiantes con discapacidad intelectual?

- |                              |     |                         |     |
|------------------------------|-----|-------------------------|-----|
| a. Computadora de escritorio | [ ] | b. Computadora portátil | [ ] |
| c. Tableta                   | [ ] | d. Teléfono inteligente | [ ] |
| e. Pizarra interactiva       | [ ] | f. Otro                 | [ ] |

Especifique: \_\_\_\_\_

17. ¿Qué tipo de software (programas) utiliza con los estudiantes con discapacidad intelectual?

- |                        |     |                            |     |
|------------------------|-----|----------------------------|-----|
| a. Juegos interactivos | [ ] | b. Cuentos                 | [ ] |
| c. Dibujar y Pintar    | [ ] | d. Actividades con números | [ ] |
| e. Leer y escribir     | [ ] | f. Otro                    | [ ] |

Especifique: \_\_\_\_\_

18. Ordene el tipo de habilidades que se podrían fortalecer con el uso de las tecnologías

- |                   |     |                   |     |
|-------------------|-----|-------------------|-----|
| a. Memoria        | [ ] | b. Asociación     | [ ] |
| c. Discriminación | [ ] | d. Selección      | [ ] |
| e. Denominación   | [ ] | f. Generalización | [ ] |
| g. Otro           | [ ] |                   |     |

Especifique: \_\_\_\_\_

19. ¿Conoce el nombre de programas de computadora orientados al aprendizaje de estudiantes con discapacidad intelectual?

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

20. ¿Qué otras consideraciones que no constan en el cuestionario recomendaría Ud. para un óptimo aprendizaje de los estudiantes con discapacidad intelectual?

---



---



---



---



---

### C. Encuesta sobre el uso de tecnología en la lectoescritura

Gracias por dedicar unos minutos para completar esta encuesta que tiene por objeto recabar información sobre el uso de tecnología en la lectoescritura. Los datos recabados serán utilizados en el proyecto de investigación “Diseño y desarrollo de interfaces no tradicionales con fines educativos y terapéuticos” que desarrolla el Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de la Universidad Tecnológica Indoamérica de Ecuador en conjunto con el Centro de Investigaciones en Tecnologías de la Información y la Comunicación de la Universidad de Costa Rica.

Encuestador:

Fecha: 03 /09 /2014

<b>ENCUESTA SOBRE LAS NECESIDADES DE ESTUDIANTES CON DISCAPACIDAD INTELECTUAL</b>			
Objetivo: Identificar recursos y experiencias en la educación de estudiantes con discapacidad intelectual			
Dirigida a : Profesorado de Educación Especial			
País:		Ciudad:	
Institución:		Profesión:	
Género:	Masculino [ ] Femenino [ ]	Edad:	18 -25 [ ] 26 – 30 [ ] 31 – 35 [ ] 36 -40 [ ] 41 – 45 [ ] Mayor a 45 [ ]

1. En su experiencia como docente, ¿Qué discapacidad Ud. ha enfrentado en la formación de estudiantes?

Intelectual	[ ]	Lenguaje	[ ]
Visual	[ ]	Auditiva	[ ]
Física	[ ]	Otra:	_____

2. En el caso de estudiantes con discapacidad intelectual: ¿Qué sintomatología han presentado?

Síndrome de Down [ ]  
 Trastorno por déficit atencional (TDA) [ ]  
 Autismo [ ]  
 Retraso mental [ ]  
 Síndrome de Asperger [ ]  
 Otra: \_\_\_\_\_

3. ¿Cuál fue el rango de edad cronológica de los estudiantes con discapacidad intelectual que Ud. ha trabajado?

0 – 4 años [ ] 5 – 9 años [ ] 10 – 12 años [ ]

4. ¿Qué áreas ha trabajado Ud. con los estudiantes con discapacidad intelectual?

<b>Categoría</b>	<b>Área</b>	<b>Mucho</b>	<b>Poco</b>	<b>Nada</b>
Conducta adaptativa	Relaciones sociales			
	Vida cotidiana			
Motricidad	Fina			
	Gruesa			
Atención	Memoria			
	Asociación			
	Discriminación			
	Selección			
	Denominación			
Lenguaje	Expresión oral			
	Lectura			
	Expresión escrita			
Matemática	Enumerar y contar			
	Operaciones básicas			
	Cálculos y problemas			
Educación artística	Pintar			
	Dibujar			
	Cantar			

5. ¿Considera Ud. que enseñar a leer y escribir a un estudiante con discapacidad intelectual, fortalecerá su inclusión en la vida cotidiana. ?

## Lectura

1. Mucho	2. Poco	3. Nada

¿Por qué?

---



---



---

## Escritura

1. Mucho	2. Poco	3. Nada

¿Por qué?

---



---



---

6. ¿Qué método cree Ud. que es apropiado para enseñar a leer y escribir a estudiantes con discapacidad intelectual?

- |                                 |     |                    |     |
|---------------------------------|-----|--------------------|-----|
| a. Método alfabético o deletreo | [ ] | d. Método global   | [ ] |
| b. Método fonético              | [ ] | e. Método eclético | [ ] |
| c. Método silábico              | [ ] |                    |     |
| f. Método Troncoso y Del Cerro  | [ ] |                    |     |

Conoce otro método: \_\_\_\_\_

7. ¿Qué tipo de recursos ha utilizado usted para enseñar a leer y escribir a estudiantes con discapacidad intelectual?

- |                    |     |   |     |
|--------------------|-----|---|-----|
| a. Láminas         | [ ] | d. Revistas                                 | [ ] |
| b. Tarjetas        | [ ] | e. Rompecabezas                             | [ ] |
| c. Libros de texto | [ ] | f. Kits de piezas (bloques, juguetes, etc.) | [ ] |

- g. Cuentos [ ]      h. Objetos reales (mesa, silla, pelota, etc.) [ ]

Otro recurso: \_\_\_\_\_

8. En su experiencia: ¿Cuál es el tiempo promedio que le toma a un estudiante con discapacidad intelectual aprender a leer y escribir?

- a. Un año [ ]      c. Tres años [ ]  
 b. Dos años [ ]      d. Más de tres años [ ]

9. ¿Qué tipo de tecnología utiliza usted en su vida cotidiana?

- a. Computadora de escritorio [ ]      d. Tableta [ ]  
 b. Computadora portátil [ ]      e. Consola de juegos [ ]  
 c. Teléfono inteligente [ ]      f. Smart TV [ ]

Otro: \_\_\_\_\_

10. ¿Cuál de los siguientes servicios ha utilizado usted en Internet?

- a. Correo electrónico [ ]  
 b. Buscador [ ]  
 c. Blogs / publicar información [ ]  
 d. Redes sociales (Facebook, Youtube, ect.) [ ]  
 e. Plataforma Educativa (Moodle, Dokeos, etc) [ ]  
 f. Crear recursos didácticos en la web [ ]

Otro: \_\_\_\_\_

11. ¿Ha utilizado usted alguno de los siguientes recursos tecnológicos en su aula de clases?

- a. Computadora de escritorio [ ]      d. Tableta [ ]  
 b. Computadora portátil [ ]      e. Teléfono inteligente [ ]  
 c. Proyector [ ]      f. Pizarra interactiva [ ]

Otro: \_\_\_\_\_

12. ¿Si ha utilizado alguno de los recursos de la pregunta anterior, qué actividades son las que más motiva a los estudiantes?

- a. Cuentos interactivos [ ]
- b. Juegos educativos [ ]
- c. Dibujar y colorear [ ]
- d. Actividades para contar [ ]
- e. Operaciones básicas [ ]
- f. Actividades colaborativas [ ]

Otras: \_\_\_\_\_

13. ¿Ha utilizado algún programa de computadora o tableta en su aula de clases?

- a. \_\_\_\_\_
- b. \_\_\_\_\_
- c. \_\_\_\_\_

14. A continuación se presenta la idea de un sistema que apoye al profesorado en el proceso de alfabetización básica de estudiantes con discapacidad intelectual. El sistema se basa en el uso de objetos tangibles (Vaso, llaves, casa de juguete, frutas, monedas, etc) interconectados con tabletas, celulares o un computador con el fin de que un estudiante pueda apropiarse del conocimiento con objetos concretos en lugar de objetos abstractos presentado en una lámina.

(a) Objetos físicos junto a una Tablet



(b) Objetos físicos junto a un celular y laptop



(c) La Tablet reconoce el objeto que toma el estudiante, muestra la palabra y la pronunciación



(d) El profesorado puede configurar actividades de selección, asociación o discriminación



¿Estaría usted dispuesto a utilizar en su aula de clase un sistema tecnológico como el que se explicó arriba?

1. Totalmente de acuerdo	2. De acuerdo	3. No lo se	4. Desacuerdo	5. Totalmente en desacuerdo

Explique: \_\_\_\_\_

15. ¿Cree usted que sería de utilidad en el proceso de alfabetización básica del estudiante con discapacidad intelectual?

1. Muy útil	2. Útil	3. No tengo la respuesta	4. Poco útil	5. No es útil

Explique: \_\_\_\_\_

16. ¿Qué otras consideraciones recomendaría Ud. para preparar a un estudiante con discapacidad intelectual a afrontar actividades en su vida cotidiana?

---



---



---



---

D. Entrevista a las autoras de los métodos de lectoescritura

Mi nombre es Janio Jadán, soy estudiante del programa de Doctorado en Computación de la Universidad de Costa Rica en Centro América. Mi investigación se enmarca dentro del campo de Interacción Humano-Computador (HCI) y de forma particular investigo las tecnologías orientadas al aprendizaje de la lectura en estudiantes con discapacidad intelectual.

Esta entrevista tiene como finalidad conocer sobre el método de lectoescritura que usted ha desarrollado.

Entrevistador: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

1. ¿Cuál es su nombre?

---



---

2. ¿Cuál es su formación académica?

---



---

3. ¿Cuál es el nombre del método que usted desarrolló?

---



---



---



---



---

4. ¿Cuál fue la motivación para crear el método?

---

---

---

---

---

5. ¿Qué tipos de recursos intervienen en el método?

---

---

---

---

---

6. ¿El método es orientado a estudiantes con discapacidad intelectual?

¿Por qué? \_\_\_\_\_

---

---

7. ¿Cuántos años ha venido aplicando el método?

---

---

8. ¿Puede explicarme en qué consiste el método?

---

---

---

---

9. ¿Qué resultados se ha obtenido con el método?

---

---

---

10. ¿Qué diferencia su método con otros?

---

---

---

---

11. ¿En qué tiempo promedio han aprendido los estudiantes a leer con éste método?

---

---

---

---

12. ¿Me autoriza utilizar su método para desarrollar una versión con tecnología con fines investigativos?

---

---

---

## E. Consentimiento Informado

**Universidad de Costa Rica (UCR)**  
**Consentimiento Informado**

**Proyecto N. 834-B4-159. CITIC-UCR: Costa Rica: Diseño y desarrollo de interfaces no tradicionales con fines educativos y terapéuticos**

Participante: \_\_\_\_\_

Estimado señor o señora:

Solicitamos su consentimiento para que su hijo o hija participe en un proyecto de investigación de la Universidad de Costa Rica que consiste en el uso de tecnologías en el proceso de alfabetización.

**A. Propósito del Proyecto:**

El objetivo principal del estudio es determinar el interés y la interacción con la tecnología en el proceso de aprendizaje de lectura inicial. La tecnología está basada en interfaces de usuario no tradicionales, como tabletas y juguetes con un sensor de identificación. El estudio está bajo la responsabilidad del Dr. Luis A. Guerrero de la Universidad de Costa Rica.

**B. Qué se Hará?**

Si usted acepta que su hijo o hija participe, se le realizarán dos sesiones de 30 minutos en la institución educativa donde su hijo o hija estudia, una serie un día y otra al día siguiente:

**EN LA PRIMERA SESIÓN SE HARÁ:**

1. El maestro y el estudiante trabajan 10 minutos con fichas de papel plastificado que contienen las vocales y pictogramas acordes al método de lectoescritura pictofónico PIFO.
2. El maestro y el estudiante trabajan 10 minutos con una tableta y el mismo contenido relacionado a las vocales.
3. El maestro y el estudiante trabajan 10 minutos con vocales de plástico que tiene un sensor incorporado.

**EN LA SEGUNDA SESIÓN SE HARÁ:**

1. El estudiante trabaja sólo durante 10 minutos con fichas de cartulina que contienen las vocales y pictogramas acordes al método de lectoescritura pictofónico PIFO.
2. El estudiante trabaja sólo durante 10 minutos con una tableta y el mismo contenido relacionado a las vocales.
3. El estudiante trabaja sólo durante 10 minutos con vocales de plástico que tiene un sensor incorporado.

Todas las sesiones serán filmadas únicamente para analizar la información. Posteriormente se destruirá el video y no se publicarán datos personales del menor sino los resultados de la investigación.

**C. Riesgos**

La interacción con las tecnologías no causarán ningún problema puesto que no son intrusivas y la información que nos proporcionen será confidencial.

**D. Beneficios**

Como resultado de la participación de su hijo o hija en este estudio, no obtendrá ningún beneficio directo, sin embargo, es posible que los investigadores aprendan más acerca de la interacción de novedosas tecnologías y este conocimiento beneficie a otros niños y niñas en el futuro.

Usted no recibirá pago alguno por la participación de su hijo o hija en el estudio, pero tampoco ésta le ocasionará gastos. La información del estudio contribuirá al mejoramiento del proceso de aprendizaje de su hijo o hija, así como a conocer mejor los aspectos que promueven el interés por las nuevas tecnologías.

E. Somos investigadores del Centro de Investigaciones en Tecnologías de la Información y Comunicación CITIC de la Universidad de Costa Rica y estamos en la mejor disposición de responder todas sus preguntas. Si usted desea más información puede llamar en horas de oficina al CITIC, teléfono (506) 2511-8016. De ser necesario, allí le comunicarán con los investigadores responsables. Usted puede también consultar al correo electrónico [citic@ucr.ac.cr](mailto:citic@ucr.ac.cr) o en el sitio web <http://www.citic.ucr.ac.cr/>

F. Una copia de esta fórmula firmada quedará en su poder para su uso personal.

G. Su participación en este estudio es voluntaria. Tiene el derecho de negarse a participar o a discontinuar su participación en cualquier momento, sin que esta decisión afecte las actividades que se realizan en la institución educativa.

H. Su participación en este estudio es confidencial, los resultados podrían aparecer en una publicación científica o ser divulgados en una conferencia. Esta hoja de consentimiento será el único documento con su nombre y éste siempre se mantendrá separado de los datos.

I. No perderá ningún derecho legal por firmar este documento.

**Consentimiento**

He leído o se me ha leído, la información descrita en esta fórmula, antes de firmarla. Se me ha brindado la oportunidad de hacer preguntas y éstas han sido contestadas en forma adecuada. Por lo tanto, accedo a autorizar la participación de mi hijo o hija en la investigación en este estudio:

\_\_\_\_\_  
 Firma del Padre de familia  
 participante Fecha

\_\_\_\_\_  
 Nombre, cédula y firma del  
 testigo Fecha

\_\_\_\_\_  
 Nombre, cédula y firma, investigador solicitando el  
 consentimiento Fecha

F. Encuesta Demográfica Pre-Test del

<b>Encuesta demográfica de el/la Docente</b>	
<b>Grado académico</b>	
<b>Edad</b>	
<b>Género</b>	
<b>Especialidad</b>	
<b>¿Cuál método de alfabetización conoce?</b>	Alfabético [ ]                      Pictofónico [ ] Fonético [ ]                        Eclético [ ] Silábico [ ]                         Global [ ] Otro.....
<b>¿Cuál método de lectoescritura se aplica en la institución?</b>	_____ _____ _____ _____
<b>¿Qué tipo de material didáctico usa para enseñar a leer y escribir a sus estudiantes?</b>	_____ _____ _____ _____ _____

<p><b>¿Cuáles actividades considera motivadoras para sus estudiantes en el proceso de enseñanza de la lectura inicial?</b></p>	<p>1. Cuentos [ ]</p> <p>2. Juegos [ ]</p> <p>3. Canciones [ ]</p> <p>4. Manualidades [ ]</p> <p>5. Relación con la vida diaria [ ]</p> <p>6. Tutorías personalizadas [ ]</p> <p>Otro: _____</p>
<p><b>¿Qué actividades son más motivadoras para los estudiantes en el proceso de lectura inicial?</b></p>	<p>1. Cuentos [ ]</p> <p>2. Juegos [ ]</p> <p>3. Canciones [ ]</p> <p>4. Manualidades [ ]</p> <p>5. Relación con la vida diaria [ ]</p> <p>6. Tutorías personalizadas [ ]</p> <p>Otro: _____</p>
<p><b>Tiempo de aprendizaje</b></p>	<p>¿Según su experiencia cuál es el tiempo promedio que un/una estudiante adquirió habilidades lectoras?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>

<p><b>Experiencia previa en el uso de la tecnología en el hogar</b></p>	<p>Computadora [ ]                  Consola de video juegos [ ]                  Tableta [ ]                  Teléfono inteligente [ ]                  Smart TV [ ]                  Internet [ ]                  Otro</p>
<p><b>Experiencia previa en el uso de la tecnología en el aula</b></p>	<p><b>Nunca</b>                  Rara vez                  Una o dos veces por semana                  Casi todos los días                  Todos los días</p> <p>En caso de que use la tecnología en el aula ¿para qué la usa?</p> <p>1. Internet en el aula [ ]                  2. Diseño e impresión [ ]                  3. Búsqueda de material en Internet [ ]                  4. Uso de software didáctico [ ]                  5. Uso con Video Beam [ ]                  6. Uso con Pizarra interactiva [ ]                  7. Plataformas educativas [ ]                  8. Redes sociales [ ]                  9. Otro _____</p>

<p><b>Experiencia previa en el uso de las nuevas tecnologías en el aula</b></p>	<p><b>Nunca</b>          Rara vez          Una o dos veces por semana          Casi todos los días          Todos los días</p> <p>En caso de que use dispositivos móviles (Tableta, teléfono inteligente) en el aula ¿para qué los usa?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Navegar en Internet [ ]</li> <li>2. Leer libros digitales [ ]</li> <li>3. Ver videos [ ]</li> <li>4. Juegos interactivos [ ]</li> <li>5. Uso con redes sociales [ ]</li> <li>6. Otro: _____</li> </ol>
---	--

G. Encuesta Demográfica Pre-Test de los estudiantes

<b>Encuesta demográfica del estudiante</b>																					
<b>Edad</b>																					
<b>Género</b>																					
<b>Nivel de competencia curricular</b>																					
<b>Explique brevemente algunas características del estudiante:</b>	¿Qué condición de discapacidad tiene el estudiante? _____ _____ _____																				
	¿Cuáles dificultades presenta en su aprendizaje? _____ _____ _____																				
<b>Percepción en que se encuentra el estudiante</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: black; color: white;"> <th colspan="5" style="text-align: center;">Discriminación Visual</th> </tr> <tr> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Mala</td> <td style="text-align: center;">Regular</td> <td style="text-align: center;">Buena</td> <td style="text-align: center;">Muy buena</td> <td style="text-align: center;">Excelente</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b>Observación:</b></td> </tr> </tbody> </table>	Discriminación Visual										Mala	Regular	Buena	Muy buena	Excelente	<b>Observación:</b>				
	Discriminación Visual																				
Mala	Regular	Buena	Muy buena	Excelente																	
<b>Observación:</b>																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: black; color: white;"> <th colspan="5" style="text-align: center;">Discriminación Auditiva</th> </tr> <tr> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Mala</td> <td style="text-align: center;">Regular</td> <td style="text-align: center;">Buena</td> <td style="text-align: center;">Muy buena</td> <td style="text-align: center;">Excelente</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b>Observación:</b></td> </tr> </tbody> </table>	Discriminación Auditiva										Mala	Regular	Buena	Muy buena	Excelente	<b>Observación:</b>					
Discriminación Auditiva																					
Mala	Regular	Buena	Muy buena	Excelente																	
<b>Observación:</b>																					

**Desarrollo del lenguaje del estudiante**
**Emitir y articular palabras**

Mala	Regular	Buena	Muy buena	Excelente

**Observación:**
**Simbolización y representación**

Mala	Regular	Buena	Muy buena	Excelente

**Observación:**

**Grado de atención que presta el estudiante**

<b>Asociación</b>				
Mala	Regular	Buena	Muy buena	Excelente
Observación:				

<b>Descriminación</b>				
Mala	Regular	Buena	Muy buena	Excelente
Observación:				

<b>Selección</b>				
Mala	Regular	Buena	Muy buena	Excelente
Observación:				

<b>Denominación</b>				
Mala	Regular	Buena	Muy buena	Excelente
Observación:				

<b>Nivel de memoria inmediata del alumno</b>	<b>A corto plazo</b>				
	Mala	Regular	Buena	Muy buena	Excelente
	Observación:				
	<b>A largo plazo</b>				
Mala	Regular	Buena	Muy buena	Excelente	
Observación:					
<b>Grado de coordinación visomotora que presenta el estudiante</b>	<b>Tomar iniciativa</b>				
	Mala	Regular	Buena	Muy buena	Excelente
	Observación:				
	<b>Control</b>				
Mala	Regular	Buena	Muy buena	Excelente	
Observación:					

## H. Actividades en la evaluación de Kiteracy

El objetivo principal del taller es determinar el interés y la interacción con la tecnología en el proceso de aprendizaje de lectura inicial usando el método de lectoescritura PIFO (Picto fónico). Los recursos educativos son láminas de cartulina, una tableta, y el kit de juguetes interactivos tangibles Kiteracy. El Taller está dividido en 6 actividades de 10 minutos cada una. Lo mejor sería realizar 3 actividades en días diferentes para evitar que sea muy exhaustivo para el estudiante, sin embargo, en honor al tiempo se va a tratar de realizarlo en una hora aproximadamente. El desarrollo de la actividad será registrado en video para su posterior análisis.

### **Actividad #1: Maestra – estudiante con interface papel**

En esta actividad la maestra y el estudiante trabajan de 10 a 15 minutos con fichas de cartulina con las vocales. Dependiendo del nivel de conocimiento del estudiante la maestra puede empezar solamente con dos vocales.

Tareas de la actividad. - Las tareas de la actividad que se deben realizar son:

- a) La maestra selecciona la lámina de una vocal y muestra al estudiante
- b) La maestra verbaliza el fonema mientras el estudiante mira el grafema
- c) La maestra pide al estudiante que repita el fonema
- d) La maestra asocia el grafema con el pictograma según el caso (a - anillo, e - elefante, i - iglesia, o - ojo, u - uña)
- e) La maestra realiza un dibujo en papel de la vocal y a partir de la vocal un pictograma
- f) La maestra muestra 5 láminas de pictogramas que empiezan con la vocal
- g) En cada lámina verbaliza la vocal e insta al estudiante que repita.

- h) La maestra desarrolla alguna de las estrategias de aprendizaje según el tiempo disponible:
- Selección (La maestra pone varias tarjetas y pide al estudiante que señale determinado pictograma y que lo verbalice)
  - Memoria (La maestra oculta varias tarjetas y pide al estudiante recordar que vio)
  - Discriminación (La maestra muestra varias tarjetas del mismo grupo de una vocal más una de otra vocal y pide al estudiante identificar una tarjeta que no corresponde al grupo. El estudiante va verbalizando cada una de ellas)

Establecimiento de metas. - Las metas de la actividad son:

1. Fomentar habilidades de vocalización.
2. Desarrollar habilidades de selección, memoria y discriminación
3. Propiciar habilidades lúdicas que generen un espacio de interacción
4. Evaluar el nivel de concentración, motivación y emoción.

Evaluación. - Evaluación de los resultados de los estudiantes:

1. Tiempo de trabajo con cada vocal
2. Una encuesta que se realizará a la maestra al finalizar la actividad.

## **Actividad #2: Maestra – estudiante con interface digital (Tableta)**

En esta actividad la maestra y el estudiante trabajan de 10 a 15 minutos con una tableta. En la tableta existe una aplicación que se conecta al servidor de Kiteracy en Internet para mostrar los mismos recursos educativos de la actividad 1, pero en formato

digital.

Tareas de la actividad. - Las tareas de la actividad que se deben realizar son:

- a) La maestra abre la aplicación y llena un formulario con sus datos y del alumno, selecciona las vocales con las que va a trabajar y otras características de la estrategia de aprendizaje
- b) La aplicación muestra 5 pictogramas ordenadas horizontalmente por cada vocal seleccionada.
- c) La maestra selecciona el pictograma de una vocal y da clic.
- d) La maestra verbaliza el fonema mientras el pictograma se agranda y se muestra en pantalla completa
- e) La maestra pide al estudiante que verbalice
- f) La maestra da clic en el botón atrás y pide al estudiante que de clic en el mismo pictograma y que lo verbalice.
- g) La maestra selecciona el ícono de la derecha del pictograma de la letra para asociar el grafema con el pictograma según el caso (a - anillo, e - elefante, i - iglesia, o - ojo, u - uña)
- h) La maestra presiona el botón de video para mostrar que partir de la vocal se puede generar un pictograma.
- i) La maestra presiona el botón atrás y pide que el estudiante repita la acción, verbalice y mire el video.
- j) La maestra muestra 5 láminas de pictogramas que empiezan con la vocal, una por una presionando el botón siguiente.
- k) En cada lámina verbaliza la vocal e insta al estudiante que repita.
- l) La maestra desarrolla alguna de las estrategias de aprendizaje según el tiempo disponible:
  - Selección (La maestra pone varias tarjetas y pide al estudiante que señale determinado pictograma y que lo verbalice)
  - Memoria (La maestra oculta varias tarjetas y pide al

- estudiante recordar que vio)
- Discriminación (La maestra muestra varias tarjetas del mismo grupo de una vocal más una de otra vocal y pide al estudiante identificar una tarjeta que no corresponde al grupo. El estudiante va verbalizando cada una de ellas)

Establecimiento de metas. - Las metas de la actividad son:

1. Fomentar habilidades de vocalización.
2. Desarrollar habilidades de selección, memoria y discriminación
3. Propiciar habilidades lúdicas que generen un espacio de interacción mediante la tableta
4. Evaluar el nivel de concentración, motivación y emoción con el uso de la tableta

Evaluación. - Evaluación de los resultados de los estudiantes:

1. Tiempo de trabajo con cada vocal
2. Una encuesta que se realizará a la maestra al finalizar la actividad.

### **Actividad #3: Maestra – estudiante con interface tangible (juguetes y vocales físicas)**

En esta actividad la maestra y el estudiante trabajan de 10 a 15 minutos con una tableta, un oso de peluche conectado a un computador portátil, y 10 objetos físicos 3D (5 vocales y 5 juguetes). En la tableta existe una aplicación que se conecta al servidor de Kiteracy en Internet para mostrar información únicamente. Los recursos educativos son los mismos de la actividad 1, pero en formato tangible.

Tareas de la actividad. - Las tareas de la actividad que se deben realizar son:

- a) La maestra abre la aplicación en la tableta y la pone en un lugar visible para que el estudiante pueda solamente observar.
- b) La maestra selecciona una vocal 3D y le acerca al libro (sensor) que tiene el oso perezoso
- c) La maestra espera que aparezca el pictograma en la tableta y que el sistema lo verbalice
- d) La maestra pide al estudiante que verbalice la vocal
- e) La maestra pide al estudiante que repita la acción con la misma vocal 3D y que lo verbalice.
- f) La maestra selecciona un juguete 3D y lo acerca al sensor para asociar el grafema con el pictograma según el caso (a - anillo, e - elefante, i - iglesia, o - ojo, u - uña)
- g) La maestra espera que se muestre información en la tableta
- h) La maestra pide que el estudiante repita la acción y verbalice
- i) La maestra toma una vocal 3D y la vuelve a pasar junto al sensor y aparecerá una nueva lámina de un pictograma asociado a la vocal en forma aleatoria
- j) En cada lámina verbaliza la vocal e insta al estudiante que repita la acción y la verbalice (puede repetir la acción durante 5 veces)
- k) La maestra desarrolla alguna de las estrategias de aprendizaje según el tiempo disponible:
  - Selección (La maestra pone varias letras o juguetes 3D y pide al estudiante que escoja determinado objeto, lo verbalice y pase en el sensor)
  - Memoria (La maestra oculta varios juguetes 3D con una caja de cartulina y pide al estudiante recordar que vio, lo prueba levantando la caja)
  - Asociación (La maestra ordena varias vocales 3D en sentido vertical, frente a cada una pone los juguetes en orden vertical, pero de forma aleatoria. La maestra pide al estudiante seleccionar un par de letra y su

correspondiente juguete. El estudiante acerca la pareja escogida al sensor una por una y verifica si es la correcta. La maestra le pide que verbalice y le da retroalimentación de si lo logró o no)

Establecimiento de metas. - Las metas de la actividad son:

1. Fomentar habilidades de vocalización.
2. Propiciar la relación abstracto y concreto
3. Desarrollar habilidades de selección, memoria y asociación
4. Propiciar habilidades lúdicas que generen un espacio de interacción mediante los objetos
5. Evaluar el nivel de concentración, motivación y emoción con el uso de los objetos tangibles

Evaluación. - Evaluación de los resultados de los estudiantes:

1. Tiempo de trabajo con cada vocal
2. Una encuesta que se realizará a la maestra al finalizar la actividad.

#### **Actividad #4: Autoaprendizaje con interface papel**

En esta actividad trabaja únicamente el estudiante durante 10 minutos con fichas de cartulina de las vocales. Dependiendo del nivel de conocimiento del estudiante la maestra selecciona el número de vocales.

Tareas de la actividad. - Las tareas de la actividad que se deben realizar son:

- a) La maestra entrega al estudiante las 6 láminas de cartulina al alumno por cada una de las vocales seleccionadas
- b) La maestra le indica al estudiante cómo usarlas y le

- recuerda cómo trabajo con estas en una actividad anterior.
- c) La maestra pide al estudiante que practique libremente durante 10 minutos
  - d) La maestra no debe intervenir y le deja al estudiante solo con el fin de evaluar su autoaprendizaje
  - e) Terminado el tiempo la maestra le pregunta al estudiante qué aprendió y que verbalice lo que aprendió

Establecimiento de metas. - Las metas de la actividad son:

1. Fomentar habilidades de vocalización.
2. Desarrollar habilidades de control e iniciativa
3. Evaluar el nivel de concentración, motivación y emoción.

Evaluación. - Evaluación de los resultados de los estudiantes:

1. Tiempo de trabajo con cada vocal

### **Actividad #5: Autoaprendizaje con interface digital (Tableta)**

En esta actividad el estudiante trabaja durante 10 minutos con una tableta. En la tableta existe una aplicación que se conecta al servidor de Kiteracy en Internet para mostrar los mismos recursos educativos de la actividad 4, pero en formato digital.

Tareas de la actividad. - Las tareas de la actividad que se deben realizar son:

- a) La maestra abre la aplicación y llena un formulario con sus datos y del alumno, selecciona las vocales con las que va a trabajar y otras características de la estrategia de aprendizaje
- b) La aplicación muestra 5 pictogramas ordenadas

- horizontalmente por cada vocal seleccionada.
- c) La maestra le indica al estudiante cómo funciona una vez
  - d) La maestra pide al estudiante que practique libremente durante 10 minutos
  - e) La maestra no debe intervenir y le deja al estudiante solo con el fin de evaluar su autoaprendizaje
  - f) Terminado el tiempo la maestra le pregunta al estudiante qué aprendió y que verbalice lo que aprendió

Establecimiento de metas. - Las metas de la actividad son:

- 1. Fomentar habilidades de vocalización.
- 2. Desarrollar habilidades de control e iniciativa
- 3. Identificar la familiaridad con una tableta
- 4. Evaluar el nivel de concentración, motivación y emoción con la tableta

Evaluación. - Evaluación de los resultados de los estudiantes:

- 1. Tiempo de trabajo con cada vocal.

Actividad #6: Autoaprendizaje con interface tangible (juguetes y vocales físicas)

En esta actividad el estudiante trabaja durante 10 minutos con una tableta un oso de peluche conectado a un computador portátil, y 10 objetos físicos 3D (5 vocales y 5 juguetes). En la tableta existe una aplicación que se conecta al servidor de Kiteracy en Internet para mostrar información únicamente. Los recursos educativos son los mismos de la actividad 1, pero en formato tangible.

Tareas de la actividad. - Las tareas de la actividad que se deben realizar son:

- a) La maestra abre la aplicación en la tableta y la pone en

- un lugar visible para que el estudiante pueda solamente observar.
- b) La maestra le indica al estudiante cómo funciona una vez, selecciona una vocal 3D y le acerca al libro (sensor) que tiene el oso perezoso
  - c) La maestra espera que aparezca el pictograma en la tableta y que el sistema lo verbalice
  - d) La maestra pide al estudiante que practique libremente durante 10 minutos
  - e) La maestra no debe intervenir y le deja al estudiante solo con el fin de evaluar su autoaprendizaje
  - f) Terminado el tiempo la maestra le pregunta al estudiante qué aprendió y que verbalice lo que aprendió

Establecimiento de metas. - Las metas de la actividad son:

1. Fomentar habilidades de vocalización.
2. Desarrollar habilidades de control e iniciativa
3. Identificar la usabilidad de una interfaz tangible
4. Evaluar el nivel de concentración, motivación y emoción con interfaz tangible

Evaluación. - Evaluación de los resultados de los estudiantes:

1. Tiempo de trabajo con cada vocal.
- I. Encuesta experimental Post-Test

Fecha: \_\_\_\_\_

Para las siguientes sentencias sobre los ejercicios de evaluación que ha realizado, indique con una X en qué grado de acuerdo o desacuerdo está con dichas afirmaciones en general:

		Totamente en desacuerdo	En desacuerdo	No estoy segura	De acuerdo	Totamente de acuerdo
	¿Ha sido sencillo utilizar los siguientes recursos educativos?					
1	Modalidad cartulina (sólo láminas)					
2	Modalidad digital (sólo Tableta)					
3	Modalidad tangible (Objetos)					
4	Considero que un estudiante con necesidades educativas especiales pueda mejorar su aprendizaje con el uso de tecnologías					
5	Considero fácil crear estrategias de aprendizaje con las herramientas tecnológicas					
6	Considero que el uso de objetos tangibles le facilitará al alumno entender mejor los objetos de estudio abstractos					
7	Pienso que el alumno se distrae con la presencia de las tecnologías y desvía su atención del objeto de estudio					
8	Considero fácil aplicar el método de lectura PIFO con las herramientas tecnológicas					
9	Creo que son muchos estímulos a la vez que no dejan que el estudiante los procese					
10	Considero que la distribución de los objetos de estudio no fueron los adecuados					
11	He podido darme cuenta que el alumno es más participativo cuando uso estas herramientas tecnológicas.					
12	En general considero que enseñar a leer a un estudiante con necesidades educativas especiales con herramientas tecnológicas podría fortalecer la interacción en el proceso.					

<b>Preguntas abiertas</b>	
13	Una vez que ha experimentado con las tres modalidades (cartulina, digital y tangible). ¿Qué modalidad preferiría utilizar y por qué?
14	¿Cómo cree que podría llevarse a cabo mejor el uso de los elementos?
15	¿Qué parte le ha resultado más fácil?
16	¿Qué parte le ha resultado más compleja?
17	¿Destacaría algo que le haya llamado la atención en la participación del estudiante al manejar las herramientas tangibles?
18	¿En qué parte del proceso sería aconsejable usar las modalidades Cartulina/Digital/Tangible si tuvieran que ser aplicadas las tres?
19	Indique brevemente cualquier comentario o sugerencia que considere oportuno.

## J. Tablas de resultados cuantitativos del cuasi-experimento

Tabla 20: Resultados del factor Interfaz y la variable Verbalizaciones Estudiante

### a) Método Global en España

	Verbalizaciones Estudiante Papel	Verbalizaciones Estudiante Digital	Verbalizaciones Estudiante Tangible
Media	,9336	1,4340	1,5912
Mediana	,8496	1,2636	1,6135

### b) Método Pifo en Costa Rica

	Verbalizaciones Estudiante Papel	Verbalizaciones Estudiante Digital	Verbalizaciones Estudiante Tangible
Media	2,1603	1,8269	1,4957
Mediana	1,9724	1,7051	1,4667

Tabla 21: Resultados del factor Interfaz y la variable Verbalizaciones Maestra

### a) Método Global en España

	Verbalizaciones Maestra Papel	Verbalizaciones Maestra Digital	Verbalizaciones Maestra Tangible
Media	2,2881	1,6347	1,1871
Mediana	1,8606	1,3307	1,1444

**b) Método PiFo en Costa Rica**

	Verbalizaciones Maestra Papel	Verbalizaciones Maestra Digital	Verbalizaciones Maestra Tangible
Media	5,9785	4,6469	2,4939
Mediana	6,4967	4,6709	2,2091

Tabla 22: Resultados del factor Interfaz y la variable Verbalizaciones del sistema

**a) Método Global en España**

	Índice de verbalizaciones sistema Papel	Índice de verbalizaciones sistema Digital	Índice de verbalizaciones sistema Tangible
Media	.0000	1.7095	1.7823
Mediana	.0000	1.7951	1.9129

**b) Método PiFo en Costa Rica**

	Índice de verbalizaciones sistema Papel	Índice de verbalizaciones sistema Digital	Índice de verbalizaciones sistema Tangible
Media	.0000	,1499	2,1585
Mediana	.0000	,0000	1,9955

Tabla 23: Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Verbalizaciones Estudiante

**a) Método Global en España**

	Verbalizaciones guiado	Verbalizaciones autónomo
Media	1,4532	1,1860
Mediana	1,3519	1,1759

**b) Método PiFo en Costa Rica**

	Verbalizaciones guiado	Verbalizaciones autónomo
Media	2,7288	,9265
Mediana	2,6388	,9586

Tabla 24: Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Verbalizaciones del Sistema

**a) Método Global en España**

	Verbalizaciones del sistema guiado	Verbalizaciones del sistema autónomo
Media	1,0958	1,2321
Mediana	,9398	1,3221

**b) Método PiFo en Costa Rica**

	Verbalizaciones del sistema guiado	Verbalizaciones del sistema autónomo
Media	,7292	,8097
Mediana	,7414	,8402

Tabla 25: Resultados del factor Interfaz y la variable Expresiones Afectivas Maestra

**a) Método Global en España**

	Índice expresiones afectivas maestra Papel	Índice expresiones afectivas maestra Digital	Índice expresiones afectivas maestraTangible
Media	,2407	,2565	,2749
Mediana	,2299	,1192	,2940

**b) Método PiFo en Costa Rica**

	Índice expresiones afectivas maestra Papel	Índice expresiones afectivas maestra Digital	Índice expresiones afectivas maestraTangible
Media	,2460	,2431	,3960
Mediana	,3000	,1944	,3000

Tabla 26: Resultados del factor Interfaz y la variable Expresiones Afectivas Estudiante

**a) Método Global en España**

	Índice expresiones afectivas estudiante Papel	Índice expresiones afectivas estudiante Digital	Índice expresiones afectivas estudiante Tangible
Media	,1092	,3820	,4949
Mediana	,0465	,3053	,4276

**b) Método PiFo en Costa Rica**

	Índice expresiones afectivas estudiante Papel	Índice expresiones afectivas estudiante Digital	Índice expresiones afectivas estudiante Tangible
Media	,1771	,2399	,6774
Mediana	,1705	,1858	,5992

Tabla 27: Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Expresiones Afectivas Estudiante

**a) Método Global en España**

	Expresiones afectivas guiado	Expresiones afectivas autónomo
Mean	,3277	,3297
Median	,2829	,3382

**b) Método PiFo en Costa Rica**

	Expresiones afectivas guiado	Expresiones afectivas autónomo
Mean	,3641	,3655
Median	,3779	,3448

Tabla 28: Resultados del factor Interfaz y la variable Porcentaje Iniciada por maestra

**a) Método Global en España**

	Porcentaje iniciado maestra Papel	Porcentaje iniciado maestra Digital	Porcentaje iniciado maestra Tangible
Media	53,0861	19,9514	21,5312
Mediana	55,8182	10,5556	15,8385

**b) Método PiFo en Costa Rica**

	Porcentaje iniciado maestra Papel	Porcentaje iniciado maestra Digital	Porcentaje iniciado maestra Tangible
Media	89,3396	47,3198	23,5256
Mediana	87,8232	32,5000	23,8596

Tabla 29: Resultados del factor Interfaz y la variable Porcentaje iniciada Estudiante

**a) Método Global en España**

	Porcentaje iniciado estudiante Papel	Porcentaje iniciado estudiante Digital	Porcentaje iniciado estudiante Tangible
Media	28,5099	64,7662	53,5567
Mediana	26,1209	66,6667	68,3230

**b) Método PiFo en Costa Rica**

	Porcentaje iniciado estudiante Papel	Porcentaje iniciado estudiante Digital	Porcentaje iniciado estudiante Tangible
Media	8,0045	41,6083	53,4399
Mediana	7,9502	40,8333	48,8889

Tabla 30: Resultados del factor Interfaz y la variable Porcentaje Iniciado en Conjunto

**a) Método Global en España**

	Porcentaje iniciado en conjunto Papel	Porcentaje iniciado en conjunto Digital	Porcentaje iniciado en conjunto Tangible
Media	18,7127	15,2824	24,9121
Mediana	12,0000	6,0000	18,1985

**b) Método PiFo en Costa Rica**

	Porcentaje iniciado en conjunto Papel	Porcentaje iniciado en conjunto Digital	Porcentaje iniciado en conjunto Tangible
Media	2,6559	11,0718	23,0345
Mediana	,9434	6,5489	17,4242

Tabla 31: Resultados del factor Interfaz y la variable Índice con Estimulo de Texto

**a) Método Global en España**

	Índice con estímulo de texto Papel	Índice con estímulo de texto Digital	Índice con estímulo de texto Tangible
Media	,215267	,191599	,069471
Mediana	,229167	,033333	,026786

**b) Método PiFo en Costa Rica**

	Índice con estímulo de texto Papel	Índice con estímulo de texto Digital	Índice con estímulo de texto Tangible
Media	,504087	,583898	,346166
Mediana	,442779	,403846	,305556

Tabla 32: Resultados del factor Interfaz y la variable Índice Sin Estimulo de Texto

**a) Método Global en España**

	Índice sin estímulo de texto Papel	Índice sin estímulo de texto Digital	Índice sin estímulo de texto Tangible
Media	1,0656	1,2684	1,3132
Mediana	1,0946	1,1510	1,2769

**b) Método PiFo en Costa Rica**

	Índice sin estímulo de texto Papel	Índice sin estímulo de texto Digital	Índice sin estímulo de texto Tangible
Media	1,7679	1,6409	,9395
Mediana	1,5589	1,7157	,8917

Tabla 33: Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Con Estimulo de Texto

**a) Método Global en España**

	Índice con estímulo de texto guiado	Índice con estímulo de texto autónomo
Media	,2376	,0800
Mediana	,2406	,0000

**b) Método PiFo en Costa Rica**

	Índice con estímulo de texto guiado	Índice con estímulo de texto autónomo
Media	,8047	,1514
Mediana	,5411	,1593

Tabla 34: Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Sin Estimulo de Texto

**a) Método Global en España**

	Índice sin estímulo de texto guiado	Índice sin estímulo de texto autónomo
Media	1.1337	1.2978
Mediana	.9580	1.2409

**b) Método PiFo en Costa Rica**

	Índice con estímulo de texto guiado	Índice con estímulo de texto autónomo
Media	1,2238	1,6751
Mediana	1,2373	1,3899

Tabla 35: Resultados del factor Interfaz y la variable Objetos Diferentes Explorados

**a) Método Global en España**

	Índice de objetos diferentes explorados Papel	Índice de objetos diferentes explorados Digital	Índice de objetos diferentes explorados Tangible
Media	1,2808	1,4699	1,3790
Mediana	1,2506	1,4165	1,4517

**b) Método PiFo en Costa Rica**

	Índice de objetos diferentes explorados Papel	Índice de objetos diferentes explorados Digital	Índice de objetos diferentes explorados Tangible
Media	2,2720	2,2248	1,2857
Mediana	2,0156	2,1488	1,2583

Tabla 36: Resultados del factor Interfaz y la variable Total de Exploraciones

**a) Método Global en España**

	Índice de total de exploraciones Papel	Índice de total de exploraciones Digital	Índice de total de exploraciones Tangible
Media	1,4471	1,6946	1,8398
Mediana	1,5351	1,8264	1,8496

**b) Método PiFo en Costa Rica**

	Índice de total de exploraciones Papel	Índice de total de exploraciones Digital	Índice de total de exploraciones Tangible
Media	3,3191	2,7175	2,3467
Mediana	3,1693	2,5094	2,3332

Tabla 37: Resultados del factor Interfaz y la variable Problemas Interfaz

**a) Método Global en España**

	Problemas con la interfaz Papel	Problemas con la interfaz Digital	Problemas con la interfaz Tangible
Media	,0000	,3750	1,0833
Mediana	,0000	,5000	1,0000

**b) Método PiFo en Costa Rica**

	Problemas con la interfaz Papel	Problemas con la interfaz Digital	Problemas con la interfaz Tangible
Media	,3333	,5000	,6667
Mediana	,2500	,5000	,5000

Tabla 38: Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Objetos diferentes Explorados

**a) Método Global en España**

	Objetos diferentes explorados guiado	Objetos diferentes explorados autónomo
Media	1,3754	1,3777
Mediana	1,1711	1,3359

**b) Método PiFo en Costa Rica**

	Objetos diferentes explorados guiado	Objetos diferentes explorados autónomo
Media	2,0285	1,8265
Mediana	1,8931	1,5310

Tabla 39: Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Total de Exploraciones

**a) Método Global en España**

	Total exploraciones guiado	Total exploraciones autónomo
Media	1,6635	1,6576
Mediana	1,4602	1,5487

**b) Método PiFo en Costa Rica**

	Total exploraciones guiado	Total exploraciones autónomo
Media	3,2583	2,3306
Mediana	3,3754	2,2745

Tabla 40: Resultados del factor Estilo de Instrucción y la variable Problemas Interfaz

**a) Método Global en España**

	Problemas Interfaz guiado	Problemas Interfaz autónomo
Media	,5000	,4722
Mediana	,6667	,3333

**b) Método PiFo en Costa Rica**

	Problemas Interfaz guiado	Problemas Interfaz autónomo
Media	,6111	,3889
Mediana	,6667	,3333







