

20 años
1999-2019



FACULTAD DE INFORMATICA



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE JUGUETES INTERACTIVOS PARA ACTIVIDADES EDUCATIVAS BASADAS EN INTERACCIÓN TANGIBLE

Lic. Mainor Alberto Cruz Alvarado

Directoras

Dra. Cecilia Verónica Sanz
Dra. Sandra Silvia Baldassarri

Asesora

Lic. Verónica Artola

Tesis presentada para obtener el grado de Magíster en
Tecnología Informática Aplicada en Educación

La Plata - Buenos Aires, Argentina
Diciembre, 2019

DEDICATORIA

A mis padres por todo el amor y apoyo incondicional para cumplir mis metas.

A mis hermanas por brindarme su tiempo y cariño a pesar de la distancia.

A mis amigos por siempre estar presentes y ser mis guías.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia por todo el sacrificio realizado, sobre todo por esos momentos que no hemos podido estar juntos.

A mis Directoras Cecilia Sanz, Sandra Baldassarri y Verónica Artola por todo el apoyo, consejo y trabajo empeñado para lograr realizar este proyecto.

A mis amigos por el apoyo incondicional, por hacer que esta travesía fuera más fácil.

A la Universidad Nacional de La Plata, en especial a la Facultad de Informática y el Instituto de Investigación en Informática III-LIDI por brindarme la posibilidad de crecer profesionalmente.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS	II
ÍNDICE DE CONTENIDOS	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
RESUMEN	IX
CAPÍTULO I. PRESENTACIÓN	1
1.1. Introducción	2
1.2. Motivación.....	2
1.3. Objetivos	5
1.4. Metodología de investigación	5
1.5. Estructura de la tesis.....	6
CAPÍTULO II. CONCEPTOS TEÓRICOS.....	8
2.1. Introducción	9
2.2. Interacción Persona-Ordenador	9
2.3. Disciplinas involucradas en IPO	11
2.4. Paradigmas de IPO.....	13
2.4.1. Según la Asociación Interacción Persona-Ordenador (AIPO).....	13
2.4.2. Según Steven Heim	15
2.4.3. Según Steve Harrison, Deborah Tatar y Phoebe Sengers	16
2.4.4. Según Oramas.....	17
2.5. Conclusiones.....	18
CAPÍTULO III. INTRODUCCIÓN A LA INTERACCIÓN TANGIBLE. SU APLICACIÓN EN ESCENARIOS EDUCATIVOS.....	20
3.1. Introducción	21
3.2. Concepto de interacción tangible. Interfaces de usuario tangible	21
3.3. <i>Tabletops</i> y superficies interactivas.....	24
3.4. Objetos tangibles: clasificación	26
3.4.1. Objetos pasivos.....	27
3.4.2. Objetos activos.....	27
3.4.3. Objetos deformables	28
3.5. Conclusiones.....	29

CAPÍTULO IV. REVISIÓN DE EXPERIENCIAS EDUCATIVAS CON OBJETOS ACTIVOS	30
4.1. Introducción	31
4.2. Importancia de usar objetos activos en actividades educativas	31
4.3. Criterios de análisis de las experiencias	33
4.4. Recopilación de experiencias y actividades de IT	39
4.4.1. TabletopCars	39
4.4.2. Eugenie	41
4.4.3. SynFlo	43
4.4.4. Sparse Tangibles	46
4.4.5. Knight's Castle	47
4.4.6. Multimodal Mixer	49
4.4.7. TAOs	50
4.4.8. Tangible Bots	52
4.4.9. Active Pathways	53
4.4.10. MagicBuns	55
4.5. Aplicación de los criterios de evaluación	57
4.5.1. Descripciones generales	57
4.5.2. Interacción tangible	58
4.5.3. Interfaces de usuario tangible	61
4.5.4. Metodológico educativo	63
4.6. Síntesis del análisis de criterios	64
4.7. Conclusiones	68
CAPÍTULO V. ESTUDIO DE CASO CON JUGUETES INTERACTIVOS	70
5.1. Introducción	71
5.2. Objetivos del estudio de caso	71
5.3. Técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos	71
5.4. Diseño de la actividad educativa con juguetes interactivos	72
5.4.1. Juego de interacción tangible: El Conquistador	72
5.4.2. Juguetes Interactivos	73
5.4.3. Protocolo de comunicación	74
5.4.4. Diseño de la interacción	75
5.5. Organización de las sesiones de trabajo con estudiantes y docentes	77
5.6. Conclusiones	78
CAPÍTULO VI. RESULTADOS OBTENIDOS	79
6.1. Introducción	80
6.2. Instrumentos utilizados y metodología para su análisis	80

6.3.	Presentación de resultados	82
6.3.1.	Primaria.....	82
6.3.2.	Secundaria.....	88
6.3.3.	Docentes.....	95
6.4.	Discusión	96
6.5.	Conclusiones.....	103
CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....		105
7.1.	Introducción	106
7.2.	Conclusiones.....	106
7.3.	Trabajos futuros	111
CAPÍTULO VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		112
8.1.	Referencias bibliográficas	113
ANEXO I. MODELOS DE INTERACCIÓN.....		125
ANEXO II. TECNOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE JUGUETES INTERACTIVOS ..		132
ANEXO III. DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA.....		143

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 2.1. Fundamentos teóricos que componen IPO.....	19
--	----

CAPÍTULO III

Figura 3.1. a) Estructura de VisionAr b) VisionAr Se observa el proyector, ubicado sobre un atril regulable, y espejo en su interior c) en funcionamiento.....	25
Figura 3.2. Venice Unfolding.	27
Figura 3.3. Sifteo Cubes.....	28
Figura 3.4. GaussBricks.	29

CAPÍTULO IV

Figura 4.1. Siftables, dispositivos compactos con detección, pantalla gráfica y comunicación inalámbrica	32
Figura 4.2. TabletopCars. Ejemplo de uso de los autos como objetos activos y la interacción táctil.	40
Figura 4.3. Eugenie.	42
Figura 4.4. SynFlo.....	44
Figura 4.5. Sparse Tangibles.	46
Figura 4.6. Knight`s Castle	47
Figura 4.7. Multimodal Mixer	49
Figura 4.8. TAOs.....	50
Figura 4.9. Tangible Bots.	52
Figura 4.10. Active Pathways	54
Figura 4.11. MagicBuns.	55
Figura 4.12. Investigaciones por país.....	57
Figura 4.13. Investigaciones por nivel educativo	58
Figura 4.14. Tipos de actividad de aprendizaje.	58
Figura 4.15. Modalidades de interacción.....	59
Figura 4.16. Criterio tipos de feedback.....	60
Figura 4.17. Aplicación del criterio Framework MCRpd.....	61
Figura 4.18. Aplicación del criterio Framework basado en el grado de coherencia.....	63
Figura 4.19. Aplicación del criterio tipo de actividad educativa.....	64
Figura 4.20. Relación entre nivel educativo y actividad de aprendizaje.....	65
Figura 4.21. Relación entre tipo de actividad educativa y feedback.....	66

Figura 4.22. Relación entre framework basado en el grado de coherencia y tipo de feedback.66

Figura 4.23. Relación entre características de diferentes antecedentes estudiados. ...67

CAPÍTULO V

Figura 5.1. A) Juguetes interactivos, B) Botones para responder y display para mostrar mensajes de texto, C) Luces led que representan las vidas.74

Figura 5.2. Interacción compartida en la mesa y privada en los juguetes. (Elaborado por Verónica Artola)76

CAPITULO VI

Figura 6.1. Resultados de la subescala de interés y disfrute en los estudiantes de primaria.83

Figura 6.2. Resultados de la subescala de competencia percibida de los estudiantes de primaria.83

Figura 6.3. Resultados de la subescala presión y tensión de los estudiantes de primaria.84

Figura 6.4. Resultados del agrado de los efectos en los juguetes interactivos con los estudiantes de primaria.88

Figura 6.5. Resultados de la combinación de efectos que más les gusta a los estudiantes de primaria.88

Figura 6.6. Resultados de la subescala de interés y disfrute en los estudiantes de secundaria.89

Figura 6.7. Resultados de la subescala de competencia percibida de los estudiantes de secundaria.89

Figura 6.8. Resultados de la subescala de presión y tensión de los estudiantes secundaria.90

Figura 6.9. Resultados del agrado de los efectos en los juguetes interactivos con los estudiantes de secundaria.94

Figura 6.10. Resultados de combinación de efectos que les gusta más a los estudiantes de secundaria.95

Figura 6.11. Comparación de medias de subescalas de IMI.98

Figura 6.12. Comparación de feedback identificados por parte de los estudiantes.99

Figura 6.13. Comparación de resultados del agrado de efectos de los juguetes interactivos.100

Figura 6.14. Comparación de resultados de combinación de efectos de los juguetes interactivos.101

Figura 6.15. Diagrama del proceso del estudio del caso.103

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO IV

Tabla 4.1. Categorías y criterios de evaluación.	34
Tabla 4.2. Resumen de características de TabletopCars.	41
Tabla 4.3. Resumen de características de Eugenie.....	43
Tabla 4.4. Tipos de grupo por condición.....	45
Tabla 4.5. Resumen de características de SynFlo.....	45
Tabla 4.6. Resumen de características de Sparse Tangibles.	47
Tabla 4.7. Resumen de características de Knight's Castle.....	48
Tabla 4.8. Resumen de características de Multimodal Mixer.....	50
Tabla 4.9. Resumen de características de TAOs.	51
Tabla 4.10. Resumen de características de Tangible Bots.	53
Tabla 4.11. Resumen de características de Active Pathways.....	55
Tabla 4.12. Resumen de características de MagicBuns.	56
Tabla 4.13. Cantidad de tipos de feedback por antecedente.	60

CAPÍTULO VI

Tabla 6.1. Rangos de puntuación por subescala IMI por categorías.	81
Tabla 6.2. Estadísticos descriptivos de tres subescalas de IMI en estudiantes de primaria.....	82
Tabla 6.3. Resultados de subescala IMI en estudiantes de primaria. (I=Inverso).	84
Tabla 6.4. Estadísticos descriptivos del cuestionario SUS en estudiantes de primaria.	85
Tabla 6.5. Resultados de SUS en estudiantes de primaria. (I=Inverso).	85
Tabla 6.6. Estadísticos descriptivos de tres subescalas de IMI en estudiantes de secundaria.	89
Tabla 6.7. Resultados IMI de los estudiantes de secundaria. (I=Inverso)	90
Tabla 6.8. Estadísticos descriptivos del cuestionarios SUS en estudiantes de secundaria.	91
Tabla 6.9. Resultado de SUS en estudiantes de secundaria. (I=Inverso).	92
Tabla 6.10. Resultados de la encuesta a los docentes.....	95
Tabla 6.11. Resultados estadísticos de primaria y secundaria del cuestionario IMI.	97
Tabla 6.12. Resultados estadísticos de primaria y secundaria del cuestionario SUS. .	98

RESUMEN

Las teorías de aprendizaje y la innovación en los procesos de enseñanza y aprendizaje se presentan como un fundamento para la integrar la interacción tangible (IT) en procesos educativos. Uno de los aspectos en los que se ha centrado la atención en la IT es en cómo el uso de objetos tangibles (objetos físicos de uso cotidiano o conocidos por los usuarios) en vinculación con entornos digitales pueden apoyar o mejorar el aprendizaje de determinados temas y/o habilidades.

En los últimos años se han desarrollado diferentes proyectos de investigación en donde se diseñan objetos tangibles e interfaces de usuario tangibles para apoyar el aprendizaje. Sin embargo, las nuevas tecnologías permiten generar propuestas novedosas en las que los objetos tangibles a través de alguna automatización permiten extender las capacidades de interacción de las personas con su entorno, así como generar nuevas formas interacción para controlar y representar información digital.

Por tanto, en este trabajo de tesis se realizó una investigación con el objetivo de indagar las posibilidades de los objetos llamados activos (con capacidades *feedback* al interactuar con información digital). En particular, se aborda el trabajo con juguetes interactivos en actividades educativas basadas en IT. Los juguetes interactivos son desarrollados con objetos tangibles que permiten generar interacciones por medio de actuadores y sistemas de control.

Para alcanzar el objetivo, se llevó adelante un proceso de búsqueda y revisión de material bibliográfico relacionado con la temática de estudio. Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión para definir el cuerpo de trabajos a considerar para el análisis de experiencias de IT en el escenario educativo, en donde se emplearan objetos activos. Se seleccionaron 10 casos para analizar a partir de una serie de criterios definidos por el tesista.

Así se establecieron 9 criterios para analizar las experiencias. Estos criterios se orientaron a caracterizar los antecedentes en 4 categorías: (i) descripciones generales, (ii) interacción tangible, (iii) interfaces de usuario tangible y (iv) metodológico educativo.

Como resultado del análisis se evidenció el escaso desarrollo de experiencias de IT con objetos activos en Latinoamérica. Además, se constató que los proyectos se enfocan para niveles educativos de educación superior, que proponen actividades de aprendizaje, tanto exploratorias como expresivas, las modalidades de interacción se dan mayormente entre objetos activos y *tabletops*, y se emplea principalmente *feedback* relacionado con las tareas y la autorregulación. Finalmente, en general las experiencias analizadas remiten a actividades grupales y colaborativas.

Se pudo identificar que los objetos tangibles activos tienen las características para integrar más y mayores capacidades que permiten crear enlaces entre lo virtual y real, lograr una mayor flexibilidad, abordar la generación de metáforas y enfocar la atención de los estudiantes. También, posibilitan la creación de interacciones con diversos canales de comunicación, de esta forma se pueden crear actividades educativas multimodales que fomenten el aprendizaje.

A través del análisis, se identificaron situaciones de la IT con objetos activos que permitieron diseñar y planificar el estudio de caso. Este estudio permitió estudiar algunas variables en relación con el impacto que tienen los juguetes interactivos en una actividad específica con estudiantes y/o docentes.

El estudio de caso consistió en una actividad educativa basada en un juego de IT utilizando juguetes interactivos. Para ello, se desarrolló un juego de IT en el marco de un proyecto con alumnos del Instituto de Investigación en Informática LIDI de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), como parte de esta tesis se diseñaron y desarrollaron dos juguetes interactivos para la dinámica del juego, y se organizaron sesiones de trabajo con estudiantes y docentes.

Estas sesiones mostraron que los juguetes interactivos son considerados como un aspecto atractivo para los estudiantes y docentes; posibilitan crear propuestas innovadoras para integrar contenidos educativos con tecnología, y para brindar nuevas experiencias de juego y aprendizaje. Asimismo, se observó el disfrute de los estudiantes durante la experiencia, y buenos resultados respecto con la motivación intrínseca de los estudiantes durante la participación en las actividades educativas planificadas.



CAPÍTULO I. PRESENTACIÓN

1.1. Introducción

La Interacción Persona-Ordenador (IPO) es una de las áreas importantes de la Ciencias de la Computación. En los últimos años ha experimentado una transición del modelo tradicional de Interfaz Gráfica de Usuario (GUI), propia de computadoras de escritorio, a nuevos modelos de interacción, entre ellas las Interfaces de Usuario Tangible (TUIs), con la finalidad de generar una interacción más natural, invisible e intuitiva para los usuarios.

Las TUIs presentan una mayor relación con el mundo físico, acoplando información digital a los objetos físicos. La manipulación de los objetos físicos representa la esencia para desarrollo de los sistemas de interfaces tangibles. Esta tesis, se enfoca en la investigación de la interacción basada en juguetes interactivos como parte fundamental de las TUIs en actividades educativas orientadas a niños de primaria y de primeros años de la secundaria.

En este capítulo se presenta la introducción a la propuesta de esta tesis. En la sección 1.2 se indica la motivación para el estudio de la temática. La sección 1.3 detalla los objetivos de la investigación. Luego, en la sección 1.4 se expone la metodología de investigación. En último lugar (sección 1.5), se describe la estructura de la tesis y el contenido de los capítulos.

1.2. Motivación

Actualmente las tecnologías informáticas cuentan con una alta presencia en los quehaceres habituales de las personas. Destellan un gran potencial para facilitar labores sin importar, en muchas ocasiones, el grado de complejidad que éstas presentan. Sin embargo, para muchos usuarios, dependiendo de sus capacidades cognitivas, estos dispositivos electrónicos se convierten en una frustración, dado que deben tener una mayor dedicación de tiempo para el aprendizaje de los sistemas y dispositivos que en el desarrollo de las tareas, y por ende, pierden motivación y la fluidez en sus actividades (Navarro Sánchez, 2011).

Por tanto, en los últimos años las tendencias de las investigaciones se han orientado en estudiar mejores formas de interacción entre el ser humano y el ordenador. Una de ellas ha dado origen a las interfaces tangibles, donde se permite la interacción con los ordenadores mediante el uso de objetos físicos (Ishii & Ullmer, 2003), con un valor potencial del vínculo con nuestros sentido del tacto (Raffle, 2006), tal como se indica a continuación:

El éxito de una TUI a menudo se basa en un equilibrio y un fuerte acoplamiento perceptivo entre las representaciones tangibles e intangibles. Es fundamental que las representaciones tanto tangibles como intangibles se acoplen perceptivamente para lograr una interfaz fluida que medie activamente la interacción con la información digital subyacente, y borre de manera apropiada el límite entre lo físico y lo digital.

(Ishii, 2008a, p. xviii).

Se debe agregar que se ha visto en las interfaces tangibles un potencial para procesos educativos, y las consideran una herramienta para la enseñanza de conceptos de carácter abstractos, principalmente porque “*los conceptos abstractos son difíciles de aprender*” (Zuckerman, Arida, & Resnick, 2005, p. 860).

Asimismo, Zuckerman et al. (2005) indican que las interfaces tangibles cuentan con las siguientes ventajas:

- **Compromiso sensorial.** La manera natural en que los niños aprenden, involucrando múltiples sentidos (en este caso, tacto, visión, auditivo) en un proceso constructivo.
- **Accesibilidad.** Mejora dramáticamente la accesibilidad a los niños más pequeños, a las personas con discapacidades de aprendizaje, y a los novatos.
- **Aprendizaje de grupo.** Proporciona una interfaz *multi-touch*, no da el control a una persona, sino que facilita la interacción natural del grupo y promueve la discusión (p. 860).

De acuerdo con las características mencionadas en el apartado anterior, se puede indicar que las interfaces tangibles presumen de cualidades para generar un cambio de actitud en las personas ante las tecnologías digitales (Artola, 2013).

Además, se hace mención a las *tabletops*, tecnología de la que se empieza hablar a partir del trabajo “*DiamondTouch: A Multi-User Touch Technology*” en el año 2001, realizado por Paul Dietz y Darren Leigh (Dietz & Leigh, 2001). Las *tabletops* son superficies digitales horizontales (Artola, Sanz, Gorga, & Pesado, 2014; Bellucci, Malizia, & Aedo, 2014) que se pueden utilizar para crear, manipular y mostrar objetos digitales, que además son portadores de información (Karat & Vanderdonckt, 2010).

En particular, las *tabletops* son una alternativa para IT, esto a partir de la posibilidad de manipular de objetos físicos¹ en las superficies horizontales. Por tanto, la unión o integración de las *tabletops* con objetos físicos, las convierte en un entorno de interacción que se estudia bajo el dominio de TUIs (Müller-Tomfelde & Fjeld, 2010). Estos escenarios de TUIs pueden proveer diferentes formas de entender los materiales de aprendizaje (Niu, McCrickard, & Nguyen, 2016) y disminuir la brecha entre actividades educativas digitales y las desarrolladas en contextos físicos (Marco, Cerezo, & Baldassarri, 2013).

¹ Los objetos físicos pueden ser juguetes del mundo real (Inami et al., 2010).

También, la posibilidad de controlar los objetos físicos permite tener interacciones complejas entre diferentes objetos y sus parámetros (M. Marshall, Carter, Alexander, & Subramanian, 2012). Además, las *tabletops* tienen el potencial de producir una interacción más natural y apropiada de los usuarios con los objetos (Hwang, Shadiey, Tseng, & Huang, 2015). Un ejemplo de ello es:

[...] Por ejemplo, en una aplicación tangible para enseñar conceptos de física simples como el equilibrio, los objetos tangibles podrían representar pesos. Cuando se mueve un peso, el sistema podría entonces mover el otro peso para ilustrar el cambio de equilibrio.

(M. Marshall et al., 2012, p. 2187)

Kanjo (2016) indica que la interactividad de los objetos físicos puede darse a partir de las respuestas que el sistema reproduce luego de moverlos. Es decir, los usuarios tienen la capacidad de manipular objetos sobre el entorno interactivo que se presentan por medio de una *tabletop* y como resultado del movimiento del objeto se manifiesta su interactividad.

Como resultado, los sistemas tangibles revelan su gran utilidad en diferentes campos, entre ellas, las posibilidades de involucrarse en actividades educativas vinculadas con el trabajo colaborativo (Evans & Rick, 2010; Hwang et al., 2015; Isenberg et al., 2011), la creatividad (Follmer & Ishii, 2012; Krzywinski, Mi, Chen, & Sugimoto, 2009) y el desarrollo de habilidades sociales (Piper, O'Brien, Morris, & Winograd, 2006; Villafuerte, Markova, & Jorda, 2012).

Por último, en el proyecto de investigación en el que se contextualiza la propuesta de esta tesis, se cuenta con antecedentes de trabajos que presentan actividades educativas que involucran objetos físicos y que se integran a entornos tangibles. Estos antecedentes sirven como base específica para esta investigación. Por ejemplo, "*Playing with Toys on a Tabletop Active Surface*", el cual se basa en fomentar la interacción lúdica de los niños (Marco, Cerezo, & Baldassarri, 2010), "*Games As Educational Strategy: A Case Of Tangible Interaction For Users Of Alternative And Augmentative Communication*", diseñado para desarrollo de competencias comunicacionales en escenarios de educación especial (Sanz et al., 2013) e "*Interacción tangible en aplicaciones educativas. Diseño e implementación de un prototipo basado en este paradigma de interacción orientado al aprendizaje colaborativo*", el cual es un juego de detectives de IT para la colaboración (Artola, 2013).

Estos antecedentes son un punto de inicio para la realización de este trabajo de investigación, principalmente porque demuestran interacción entre juguetes/objetos y entornos tangibles en educación, involucra 4 temáticas y áreas de estudio de actualidad: IPO, CSCW², Ubicomp³ y

² Computer Supported Cooperative Work

³ Ubiquitous Computing

TUIs que constituyen el marco y fundamento científico para la investigación de las *tabletops* (Müller-Tomfelde & Fjeld, 2010). En esta tesis se pone especial foco en las TUIs y en el uso de diferentes tipos de objetos físicos (entre los que se encuentran los juguetes interactivos) para la interacción, y el diseño de actividades educativas.

1.3. Objetivos

El objetivo principal de esta tesis consiste en investigar sobre las posibilidades de los juguetes interactivos en actividades educativas basadas en interacción tangible. Dentro de este contexto, los objetivos específicos de la tesis son los siguientes:

- Estudiar los conceptos básicos de IT.
- Estudiar y analizar las tecnologías actuales que permitan la creación de juguetes interactivos.
- Analizar antecedentes en relación con la utilización de objetos físicos, y en particular juguetes interactivos, en actividades educativas basadas en IT.
- Diseñar juguetes interactivos que puedan involucrarse en actividades educativas basadas en IT acorde a los antecedentes estudiados.
- Implementar los juguetes interactivos y aplicarlos en un estudio de caso.
- Evaluar el impacto que tienen los juguetes interactivos en los estudiantes y/o docentes involucrados en el caso.
- Elaborar un análisis de resultados obtenidos.

1.4. Metodología de investigación

Se propone desarrollar un estudio con enfoque descriptivo, en donde se procura especificar y detallar las bases principales del objeto de estudio, analizando características, situaciones y contextos del fenómeno (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

Por tanto, se plantea realizar una indagación y revisión bibliográfica de temas vinculados a la investigación, los cuales dan el contexto y las bases para el presente trabajo. Lo anterior permite establecer las características y posibilidades del uso de objetos físicos activos, y en particular, juguetes interactivos en actividades educativas basadas en IT. Además, permite crear una serie de criterios de análisis con el objetivo de evaluar aspectos generales, aspectos vinculados a la IT, aspectos relacionados a las interfaces de usuario tangibles y aspectos afines a lo metodológico y educativo en el marco de experiencias educativas IT con objetos activos.

Además, se plantea un trabajo experimental (Hernández et al., 2014). Este se desarrolla a través de un estudio de caso, el cual permite aplicar en una actividad educativa basada en IT el uso de juguetes interactivos, y con ello indagar sus posibilidades y la percepción de los participantes, estudiantes y/o docentes, en relación con estos y a la actividad que los involucra.

El estudio de caso se lleva a cabo en la Facultad de Informática de la Universidad Nacional La Plata, a través del diseño de una actividad educativa basada en IT, en donde participan estudiantes y docentes de primaria y secundaria de escuelas de la región de La Plata.

Para llevar adelante el estudio de caso se plantea el diseño de una actividad educativa, el cual contiene tres etapas; (i) un juego de IT, (ii) juguetes interactivos y (iii) sesiones de trabajo. El juego de IT se aborda desde un proyecto con alumnos del Instituto de Investigación en Informática LIDI, de la Facultad de Informática. Los juguetes interactivos se diseñan y desarrollan en paralelo con el juego a través de las características obtenidas de la revisión bibliográfica. La creación de los juguetes está a cargo del autor de este trabajo de investigación. Las sesiones de trabajo se realizan en conjunto con docentes que aportan el contenido didáctico que se integra al juego, acorde a los niveles educativos involucrados.

Finalmente, se emplean técnicas e instrumentos para la recolección de datos; cuestionarios, entrevistas y observación participante. Obtenidos los datos, se procede a analizar cada uno de los registros y presentar los resultados.

1.5. Estructura de la tesis

La estructura de este trabajo de tesis se encuentra organizada en 7 capítulos: I. Resumen, II. Conceptos teóricos, III. Interacción tangible. Su aplicación en escenarios educativos, IV. Objetos activos, V. Estudio de caso con juguetes interactivos, VI. Resultados obtenidos y VII. Conclusiones y trabajos futuros.

El capítulo I se encuentra compuesto por 5 secciones. Introducción (sección 1.1), donde se presenta de modo preliminar el tema del trabajo de tesis. La sección de motivación (sección 1.2), apartado enfocado en las bases del trabajo y contexto de la investigación. La de objetivos (sección 1.3) que permiten orientar el progreso del trabajo de investigación. Por último, la de metodología de investigación (sección 1.4) que establece las estrategias, el orden y etapas de la investigación, y en la sección 1.5 la estructura de la tesis.

El capítulo II contiene 5 secciones, encontrando en la sección 2.1 la introducción, que presenta el capítulo. La sección Interacción Persona-Ordenador (sección 2.2), orientada a la definición y las características para mejorar las interrelaciones entre los usuarios y las computadoras.

La sección disciplinas involucradas (sección 2.3) se enfoca en el campo multidisciplinario de la Interacción Persona-Ordenador. La sección de paradigmas de IPO (sección 2.4), presenta los modelos para la creación de interfaces naturales al usuario, y finalmente la sección 2.5 las conclusiones del capítulo.

El capítulo III se conforma de 5 secciones, la primera de ellas (sección 3.1) Introduce el capítulo. La sección 3.2 presenta el concepto de IT. La sección 3.3 describe características de las *tabletops* y otras superficies interactivas. También, en la sección 3.4 se presentan los objetos tangibles, así como su respectiva clasificación. Este capítulo es importante porque destaca el concepto de objeto activo. Por último, las conclusiones del capítulo (sección 3.5).

El capítulo IV está organizado en 7 secciones. En la sección 4.1 se encuentra la introducción del capítulo. La sección 4.2 se basa en la importancia de utilizar objetos activos en actividades educativas. La sección 4.3 introduce los criterios de análisis para experiencias de IT. La sección 4.4 recopila experiencias y actividades de IT que, utilizando objetos activos, algunos de los cuales son juguetes interactivos. Además, en la sección 4.5 contiene la aplicación de los criterios de análisis a las experiencias recopiladas. En la sección 4.6 se presenta una síntesis del análisis de los criterios, y finalmente, en la sección 4.7 las conclusiones del capítulo.

El capítulo V dispone de 6 secciones, en la primera sección (5.1) se introduce el capítulo. La sección 5.2 presenta los objetivos del estudio de caso. La sección 5.3 expone las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de los datos. En la sección 5.4 se describe el diseño de la actividad educativa con los juguetes interactivos diseñados. La sección 5.5 se enfoca en la organización de las sesiones de trabajo de las actividades educativas con los estudiantes y docentes. Por último, las conclusiones del capítulo en la sección 5.6.

El capítulo VI contiene 5 secciones, la sección 6.1 la introducción del capítulo. En la sección 6.2 se describen instrumentos y metodología utilizada para el análisis de los datos recolectados. La sección 6.3 presenta los resultados de la tesis. Asimismo, la sección 6.4, incluye una discusión de los principales resultados obtenidos. Finalmente, en la sección 6.5 se encuentran las conclusiones del capítulo.

El capítulo VII se estructura en 3 secciones, una de ellas contiene la introducción del capítulo (sección 7.1). La segunda de ellas indica las conclusiones del trabajo de tesis (sección 7.2), y por último se presentan los posibles trabajos futuros (sección 7.3).



CAPÍTULO II. CONCEPTOS TEÓRICOS

2.1. Introducción

Este capítulo expone conceptos teóricos que permiten dar contexto al presente trabajo de investigación. En primer lugar, se define el concepto de IPO (sección 2.2), con el propósito de dar a conocer el área en que se involucran las tecnologías emergentes que plantean nuevas estrategias de interacción natural. Se da cuenta así de una tendencia actual: *“Hoy en día, las computadoras están expandiendo su presencia en más y más aspectos de nuestra vida cotidiana, incrustados e incluso escondidos en muchas herramientas convencionales, muebles, electrodomésticos, ropa”*. (Marco, 2011, p. 18).

En segunda instancia, en la sección 2.3 se presentan las disciplinas involucradas en IPO. Luego, se especifican en la sección 2.4 diferentes paradigmas de IPO. Finalmente, se brindan las conclusiones del capítulo en la sección 2.5.

2.2. Interacción Persona-Ordenador

Interacción Persona-Ordenador (IPO, también conocida como HCI por su acrónimo en inglés: *Human-Computer Interaction*) es un término adoptado a mediados de 1980 (Issa & Isaias, 2015), y referencia a un campo interdisciplinario en el que se estudian las formas de relación entre las personas y las computadoras. Está basada en 3 fundamentos: principios teóricos, práctica profesional y una comunicad de personas (Dix, 2016). Asimismo, combina las teorías y prácticas de diferentes campos como lo pueden ser Informática, Psicología Cognitiva, Antropología, etc. (Wania, Atwood, & McCain, 2006).

La computación ha tenido un gran crecimiento a lo largo de los años y con ello el papel de IPO ha aumentado, debido a que el desarrollo de las aplicaciones es cada vez más interactivo, y así la interacción persona-ordenador tiene un rol importante para alcanzar estas características (Canny, 2006). IPO es definida por el Grupo de Interés Especial sobre la Interacción Computador-Humano (SIGCHI, por su acrónimo en inglés: *Special Interest Group on Computer-Human Interaction*) de la Asociación de Maquinaria Computacional (AMC, por su acrónimo en inglés: *Association for Computing Machinery*) de la siguiente forma:

La Interacción Persona-Ordenador es una disciplina relacionada con el diseño, evaluación e implementación de sistemas informáticos interactivos para uso humano y con el estudio de los principales fenómenos que los rodean.

(Hewett et al., 1992, p. 5)

Cuando se habla de IPO no se piensa en un solo usuario con una computadora. Se considera persona, al usuario individual o a un grupo de usuarios. Por ordenador se refiere desde una computadora de escritorio hasta un sistema informático más complejo, y por interacción se entiende cualquier tipo de comunicación entre un usuario y una computadora,

independientemente si la comunicación es directa o indirecta (Dix, Finlay, Abowd, & Beale, 2004). El objetivo de la IPO consiste en mejorar las interacciones entre los usuarios y las computadoras, convirtiéndolas más usables y receptivas a las necesidades de los usuarios (Issa & Isaias, 2015).

De igual modo, Sinha, Shahi, & Shankar (2010, p. 2) menciona que la IPO abarca los siguientes aspectos:

- Metodologías y procesos para diseñar interfaces (es decir, dada una tarea y clase de usuarios, diseñar la mejor interfaz posible dentro de las limitaciones dadas, optimizar para una propiedad deseada tal como capacidad de aprendizaje o eficiencia de uso).
- Métodos para implementar interfaces (por ejemplo, juegos de herramientas de *software* y algoritmos eficientes de bibliotecas).
- Técnicas para evaluar y comparar interfaces.
- Desarrollo de nuevas interfaces e interacción.
- Desarrollo de modelos descriptivos y predictivos, y teorías de interacción.

Más aún, es importante destacar que 2 de los conceptos más relevantes en IPO son funcionalidad y usabilidad (Mathew, Hajj, & Abri, 2011), debido a que aunque los computadores sean sofisticados carecen de valor a menos de que puedan ser utilizadas por las personas (Sinha et al., 2010).

De ahí que Sinha et al. (2010) define funcionalidad de la siguiente forma:

La funcionalidad de un sistema se define por el conjunto de acciones o servicios que proporciona a sus usuarios. Sin embargo, el valor de la funcionalidad sólo es visible cuando es posible que el usuario lo utilice eficientemente.

(Sinha et al., 2010, p. 2)

Igualmente, define usabilidad:

La usabilidad del sistema con una cierta funcionalidad es el rango y el grado por el cual el sistema se puede utilizar de manera eficiente y adecuada para lograr ciertos objetivos para ciertos usuarios. La efectividad real de un sistema se logra cuando existe un equilibrio adecuado entre la funcionalidad y la usabilidad del sistema.

(Sinha et al., 2010, p. 2)

Los principios de usabilidad y funcionalidad son factores claves para el diseño de los sistemas interactivos, haciendo que estos sistemas sea fáciles de aprender y fáciles de usar (Issa & Isaias, 2015), más aún para dar contestación a la pregunta guía: “¿hace lo que los usuarios necesitan?” (Nielsen, 2012, párr. 4).

Simultáneamente existen otros principios que ayudan al término de usabilidad, para dar un mayor conocimiento a las personas encargadas del desarrollo de sistemas y poder ofrecer a los usuarios un diseño “ideal” para garantizar una facilidad en el uso y aprendizaje de estos sistemas. En (Dix et al., 2004, p. 260) se indican los siguientes principios:

- **Aprendizaje.** La facilidad con la que los nuevos usuarios pueden comenzar una interacción efectiva y lograr un rendimiento máximo.
- **Flexibilidad.** Multiplicidad de maneras en que el usuario y el sistema intercambian información.
- **Robustez.** El nivel de apoyo brindado al usuario para determinar el éxito y la evaluación de los objetivos.

Los principios de usabilidad y funcionalidad tienen la misma importancia dentro del concepto y objetivos de IPO para establecer esa interactividad entre los seres humanos y los ordenadores (AIPO, 2001). Cabe aclarar que hay un amplio estudio de estos conceptos de usabilidad y funcionalidad, y que son abordados por numerosos autores e instituciones, pero no se dedicará un apartado especial a este tema ya que no constituye parte del núcleo central de la tesis.

Finalmente, existen diferentes modelos para diseñar la interacción de sistemas informáticos, el cual consiste en aquel proceso de comunicación que se establece entre los usuarios y el sistema.

Algunos de los modelos de interacción son: modelo de interacción de Donald Norman, modelo de Abowd y Beale, modelo de Foley y van Dam, modelo de GOMS y el modelo de Interfaz de Objeto-Acción (OAI). La explicación y descripción de cada uno de estos modelos se encuentran disponible en el Anexo I: Modelos de interacción.

2.3. Disciplinas involucradas en IPO

En cuanto a los aspectos que se involucran con el área de IPO, como se ha dicho anteriormente es un campo multidisciplinario que se enfoca en los aspectos humanos del desarrollo de la informática, y de lo que podría ser capaz la tecnología para las personas y de qué forma las personas podrían interactuar con la tecnología (Müller-Tomfelde, 2010).

Asimismo, Dix et al. (2004) destaca que un diseñador ideal para un sistema interactivo debe tener vasta experiencia en los siguientes temas:

Psicología y Ciencia Cognitiva para darle conocimiento de las habilidades perceptivas, cognitivas y de resolución de problemas del usuario; Ergonomía para las capacidades físicas del usuario; Sociología para ayudarla a entender el contexto más amplio de la interacción; la Informática y la Ingeniería para poder construir la tecnología necesaria; Negocio para poder comercializarlo; Diseño Gráfico para producir una presentación eficaz de la interfaz; escritura técnica para producir los manuales, y así continúa. Obviamente, hay demasiada experiencia que una sola persona (o incluso cuatro) puede tener, quizás demasiado para el equipo de diseño promedio. De hecho, aunque HCI es reconocido como un tema interdisciplinario, en la práctica las personas tienden a adoptar una postura fuerte en un lado u otro. Sin embargo, no es posible diseñar sistemas interactivos efectivos a partir de una sola disciplina de forma aislada. La entrada es necesaria desde todos los lados.

(Dix et al., 2004, p. 4)

Oramas (2008) indica que la *Association for Computing Machinery* (ACM, por sus siglas en inglés) enfatiza en IPO como una ciencia encargada de analizar el humano y el computador en conjunto, y por tanto los estudios en esta área se efectúan desde enfoques distintos, dependiendo de la ciencia. Desde el punto de vista humano, se complementa con disciplinas como: psicología, ciencias cognitivas, comunicación, diseño gráfico, etc. Desde el contexto de las computadoras comprende: sistemas operativos, gráficos por computador, lenguajes de programación, y desarrollo de ambientes (Moralejo, Sanz, & Pesado, 2012).

De la misma forma en Pruvost, Heinroth, Bellik & Minker (2011) y Samaan & Tarpin-Bernard (2004) se hace mención de que existen diferentes formas de describir el contexto de interacción, sin embargo, se destaca que la más utilizada por la comunidad de IPO es triple <usuario, sistema, ambiente>. De acuerdo con Pruvost et al. (2011, p. 155) estos 3 elementos empleados para describir el contexto de interacción se definen de la siguiente forma:

- **Usuario.** El usuario es descrito por un perfil que informa sobre sus preferencias, características culturales, capacidades cognitivas y sensorio-motor, etc. Éstas pueden ser estáticas (por ejemplo, un *handicap*) y/o dinámicas (por ejemplo, el usuario no está observando la pantalla).
- **Sistema.** El sistema representa los recursos físicos (dispositivos) y lógicos (*software*).
- **Ambiente.** Representa el entorno físico donde se realiza la interacción (luminosidad, nivel de ruido, etc.).

Al igual que Pruvost et al. (2011), el Centro para el Estudio de Librerías Digitales (CSDL, 2008) plantea un modelo conceptual de IPO con 4 elementos (usuario, tarea, ambiente y tecnología), agregando la tarea, que consiste en diferentes pasos a realizar para llevar a cabo una o más actividades (Artola, 2013).

Por otra parte, la interacción que se da entre las personas y las tecnologías se realiza a través de la interfaz física, un componente conformado por otros componentes, entre los que se

pueden mencionar teclado, *mouse*, *touchpads*, etc., y las interfaces de *software* como la GUI (Moralejo et al., 2012; Oramas, 2008).

Por tanto, se reclama que los entornos de interacción sean abiertos y dinámicos, donde las interfaces de usuario sean sumamente adaptables y preserven la utilidad y usabilidad a través de contextos con adaptaciones estructurales y de diálogo acorde a la situación (Altakrouri, Carlson, & Schrader, 2013). Mientras tanto, otros se ocupan más en los aspectos de las interacciones naturales como la voz, gestos, tacto y visión (He et al., 2017).

2.4. Paradigmas de IPO

Los paradigmas consisten en modelos que son derivados de los sistemas de interacción (Arteaga et al., 2014). Estos paradigmas tienden a dar respuesta a la necesidad de crear interfaces lo más naturales posibles para los humanos (Moralejo, Sanz, & Pesado, 2014; Oramas, 2008).

Lores & Gimeno (2006) definen los paradigmas de la siguiente forma:

La palabra paradigma viene del latín paradigma y este del griego parádeigma que quiere decir ejemplo, modelo y en este aspecto los paradigmas de interacción representan los ejemplos o modelos de los que se derivan todos los sistemas de interacción. Es una abstracción de todos los posibles modelos de interacción organizados en grupos con características similares.

(Lores & Gimeno, 2006, p. 21)

Del mismo modo, Heim (2007) indica que un paradigma de interacción es un modelo o patrón de IPO que comprende todos los aspectos de la interacción, y que involucra los aspectos físicos, virtuales, perceptivos y cognitivos.

A continuación, se presenta una descripción de algunas clasificaciones de paradigmas de IPO, según la Asociación Interacción Persona-Ordenador⁴, Steven Heim (Heim, 2007), Steve Harrison, Deborah Tatar y Phoebe Senger (Harrison, Tatar, & Sengers, 2007) y Oramas (Oramas, 2008).

2.4.1. Según la Asociación Interacción Persona-Ordenador (AIPO)

A continuación, se describen los principales paradigmas de interacción:

- a) **La realidad virtual.** Refiere a diferentes estilos de interacción como lo pueden ser interfaces tridimensionales donde se puede interactuar y abordar la presencia del usuario a través de sus sentidos, en el escenario sintético (Lores & Gimeno, 2006). Las herramientas para crear realidad virtual tienen como objetivo provocar en el

⁴ <https://aipo.es/?q=content/libro-aipo>

usuario una sensación de presencia física a través de indicaciones sensoriales (visuales, auditivas y táctiles). Asimismo, que permitan la manipulación de objetos virtuales de igual forma que se realizaría en entornos reales (Arteaga et al., 2014).

- b) **La computación ubicua.** Fue una idea introducida por Mark Wieser en 1998 donde proponía integrar computadoras embebidas en el medio ambiente y objetos de uso cotidiano, donde las personas pudieran interactuar con muchas computadoras al mismo tiempo, de manera transparente para los humanos (Karray, Alemzadeh, Saleh, & Arab, 2008; Marco, 2011).

También es llamada “la tercera ola” (Moralejo et al., 2012) ya que cambia la cantidad de ordenadores por persona; al principio de la Informática existía una relación de un ordenador por varias personas, luego con el pasar de los años la relación se dio de un ordenador por persona y hoy en día con la computación ubicua, la relación es de varios ordenadores por persona (Ribera-Turró, 2005).

En suma, los diseños de estos dispositivos deben ser acordes a los objetivos del proceso de interacción que se requiera, así que entre los desarrollos tecnológicos que trabajan bajo este modelo se pueden mencionar: insignias activas, tabletas, pizarras y dispositivos inteligentes (Arteaga et al., 2014).

- c) **Ordenador de sobremesa.** De acuerdo con Lores & Gimeno (2006) este es el paradigma dominante en el que la interacción que se realiza cuando el usuario interacciona con un ordenador de escritorio, realizando una manipulación directa.
- d) **La realidad aumentada.** En Lores & Gimeno (2006) se afirma que “*La Realidad Aumentada (RA) es un paradigma de interacción que trata de reducir las interacciones con el ordenador utilizando la información del entorno como una entrada implícita*” (p.24). Consiste en hacer capaz al usuario de interactuar con el mundo real, a partir de la agregación de información sintética a la realidad (Moralejo et al., 2014).

Para He et al. (2017) el sistema de realidad aumentada es un sistema basado en 4 pasos: (i) capturar información de la escena real; (ii) analizar la información real y la información de la ubicación de esa escena; (iii) generar elementos virtuales; (iv) la combinación de ambos en video o pantalla. Por tanto, los dispositivos de salida y las tecnologías de seguimiento, posicionamiento e interactividad en combinación con la tecnología real y la virtual determinan la implementación de un sistema de realidad aumentada.

2.4.2. Según Steven Heim

Aunado a los paradigmas mencionados, Heim (2007) hace mención de otros paradigmas computacionales que marcan grandes hitos en la historia de la computación, como lo son:

- a) **Computación a gran escala.** La computación a gran escala se basa en máquinas de grandes dimensiones, también llamados “*Mainframe*”, que comúnmente son especializados en procesamiento de grandes cantidades de datos. Estos ordenadores por lo general residen en una ubicación central y son manipulados a través de terminales alfanuméricos de forma remota (Heim, 2007). Además, surge el concepto de tiempo compartido, donde una sola computadora podía soportar múltiples usuarios. Los sistemas de tiempo compartido hicieron de la programación toda una aventura interactiva, por ejemplo, de ahí surgió la subcultura de programadores conocida como “*Hackers*”, usuarios maestros complacientes de comprender la complejidad de los sistemas y aumentar las capacidades de programación (Dix et al., 2004).
- b) **Computación personal.** Surgió a partir de 1970, el futuro de la computación estaba plasmada en la construcción de máquinas pequeñas y potentes que fueran dedicadas a usuarios de forma individual (ordenadores personales) (Artola, 2013; Dix et al., 2004). En el Centro de Investigación Xerox Palo Alto Alan Kay e concibe el primer ordenador personal con su gran aporte como es el entorno *SmallTalk* (Ribera-Turró, 2005). Asimismo, Kay fue pionero del primer ordenador que utilizó una GUI, que incluía una metáfora escritorio (menús emergentes, ventanas e iconos) (Heim, 2007).
- c) **Computación en red.** La computación en la red tiene sus raíces a partir de 1969 en un proyecto conocido como DARPANET, pero no fue hasta unos años más tarde que se logró conectar una cantidad importante de ordenadores en red y el proyecto fue renombrado a ARPANET. Asimismo, año tras año aumentan más la cantidad de máquinas conectadas con la actual Internet (Dix et al., 2004). La computación en la red nació como una necesidad de compartir recursos, que estén disponibles para todos independiente de la ubicación física del usuario y del recurso (Artola, 2013). En suma, las redes son muy poderosas, más que las computadoras individuales ya que permite a los usuario un acceso amplio, rápido y fácil de la información (Dix et al., 2004).
- d) **Computación móvil.** Las tecnologías móviles comprenden una diversa familia de dispositivos, entre ellos: ordenadores portátiles, tabletas, *game players*, celulares, PDAs, etc. Por consiguiente, la computación móvil describe la forma en que el usuario interactúa con un dispositivo en un entorno no fijo (Benkhelifa, Welsh, Tawalbeh,

Jararweh, & Al-Ayyoub, 2016). Los dispositivos móviles tienen la capacidad de ofrecer computación situacional o contextual, que consiste en aprovechar la información específica de una ubicación por medio de servicios móviles basados en la ubicación y brindar anuncios/información sensible a dicha ubicación (servicios públicos, interacciones sociales e información educativa específica de la ubicación (Heim, 2007).

- e) **Ambientes colaborativos.** Consiste en un espacio o escenario de trabajo virtual que se da gracias a las redes, en donde los miembros de un grupo de personas pueden interactuar con otros miembros compartiendo archivos, documentos y otros recursos. Este espacio permite que las personas puedan colaborar y trabajar colectivamente, y en general, ofrecen conocimiento sobre quién hizo cada tarea, o acción dentro del espacio (Heim, 2007).

En este paradigma surge el concepto de *groupware* o más comúnmente sistemas multiusuario que son sistemas que proporcionan mecanismos para la colaboración. Este concepto de *groupware* se encuentra bajo el término de trabajo cooperativo y/o colaborativo apoyado por computadora (CSCW) (Bowen, Dix, Palanque, & Weyers, 2017). La interacción que se produce por medio de sistemas de CSCW, es a menudo clasificada como interacción remota o cara a cara. La interacción remota puede darse de forma síncrona (videoconferencia, mensajería instantánea, salas de chat, pizarras de acceso remoto, etc.) y asíncrona (correos electrónicos, tablas de anuncios, foros, etc.). Mientras que la interacción cara a cara se puede acompañar y enriquecer por medio de habitaciones inteligentes (proyectores, pizarras inteligentes) (Heim, 2007), superficies activas, etc.

En síntesis, CSCW consiste en un campo de investigación centrado en la comprensión de particularidades o características del trabajo en grupo, con la finalidad de diseñar tecnologías informáticas para apoyar estos trabajos grupales (Liu & Lou, 2014).

2.4.3. Según Steve Harrison, Deborah Tatar y Phoebe Sengers

Por su parte, los autores Harrison et al. (2007) indican que IPO se clasifica en 3 paradigmas: factores humanos, cognitivismo clásico/basado en el procesamiento de información y el paradigma de fenomenología situado, y los describe de la siguiente forma:

- a) **Factores humanos.** En una primera instancia, son un enfoque pragmático que consiste en identificar problemas en los sistemas industriales y en temas de ergonomía, pero cuando es aplicado a IPO consiste en optimizar la relación entre los seres

humanos y las máquinas, conceptualizan la interacción como una forma de acoplamiento.

- b) **Cognitivism clásico/procesamiento de información.** Este paradigma se basa en los modelos, teorías y la relación entre lo que se encuentra en la computadora y en la mente humana. Surgen desde la premisa que el procesamiento de la información de las personas es analógico a diferencia del procesamiento de la señal computacional y que el objetivo principal de la interacción entre el ordenador y el humano es la comunicación entre ambos. La distinción entre este paradigma con el de los factores humanos, consiste en que el problema es abstraído a la forma de un modelo.
- c) **Fenomenología situada.** Tiene como objetivo principal apoyar la acción situada y la creación de significado en contextos específicos. Trata a la interacción no como algo analógico del procesamiento y la transmisión de información, por el contrario, busca la forma de dar sentido al artefacto y a su contexto, y cómo se definen el uno al otro y están sujetos a diversas interpretaciones.

2.4.4. Según Oramas

De acuerdo con Oramas (2008) entre los paradigmas de interacción más reconocidos se encuentran: Trabajo Colaborativo respaldado por Computador, Hipertexto e hipermedios, Realidad Mediada por Computador, Audio como medio de interacción, Computación Vestible, Interfaz Cerebro Computador, Háptica y Teleháptica, e Interacción Tangible. Del mismo modo, Oramas (2008) describe estos paradigmas de la siguiente forma:

- a) **Trabajo Colaborativo respaldado por Computador.** El paradigma consiste en la realización de un análisis de todos aquellos aspectos que rodean al trabajo colaborativo, así como las herramientas que hacen lo posible, siempre teniendo en cuenta la disponibilidad de las personas tanto en tiempo como en lugar.
- b) **Hipertexto e hipermedios.** El paradigma consiste en el uso de objetos (texto, imágenes, videos, sonidos, etc.) como enlaces hacia otros objetos relacionados.
- c) **Realidad Mediada por Computador.** El paradigma tiene como función el uso del computador para modificar la percepción de la realidad. Asimismo, se encuentra dividida en 2 campos: (i) Realidad Virtual (RV) y (ii) Realidad Aumentada (RA).
- d) **Audio como medio de interacción.** Este paradigma consiste en el uso de los sonidos como un medio para otorgar o recibir instrucciones desde y hacia los sistemas computacionales.

- e) **Computación Vestible.** Este paradigma reside en el uso de las computadoras utilizadas como prendas de vestir. Tiene el objetivo de brindar soporte mientras las personas tienen sus sentidos ocupados en el ambiente físico.
- f) **Interfaz Cerebro-Computador.** Es el paradigma que expone la implementación de una vía de comunicación de forma directa entre la actividad cerebral o nerviosa de un ser humano, animal o una red neuronal viva.
- g) **Háptica y Teleháptica.** Con respecto a la Háptica se hace referencia al sistema que tienen como medios de interacción el tacto, donde se incluye la aplicación de fuerzas, vibraciones y/o movimientos de los usuarios. Por otra parte, la Teleháptica consiste en la generación de impulsos sensibles al tacto a través del computador.
- h) **Interacción Tangible.** Paradigma de interacción cuya interfaz se basa en medios tangibles. Este tipo de sistemas utiliza herramientas como objetos de uso cotidiano (lupas, cubos, visores, etc.) con el objetivo de proveer una interacción más natural.

2.5. Conclusiones

Se reconoce a IPO como un área multidisciplinaria que involucra el diseño, evaluación y la implementación de sistemas informáticos interactivos útiles y usables para el uso humano. La IPO propone mejorar la interacción entre los usuarios y las computadoras a través de sistemas interactivos, donde se puedan llevar a cabo las actividades de una forma más productiva.

A partir de mediados de 1980 se ha ido observando diferentes evoluciones de IPO en las que se ven involucradas diferentes disciplinas, distintos tipos de interacción y paradigmas. De ahí que este trabajo de investigación exponga los avances más importantes y subraye las posibilidades para generar sistemas informáticos interactivos que sean lo más naturales y accesibles posibles para el uso del humano. En particular, esta tesis se contextualiza en los actuales paradigmas orientados a la interacción natural, y en específico en la interacción tangible.

Con este motivo en mente, en este capítulo se presentó un recorrido y una descripción de los fundamentos teóricos del área de IPO (ver Figura 2.1), desde su concepto hasta las distintas áreas que se involucran para plantear estrategias de interacción naturales. En el siguiente capítulo, se hace énfasis en la IT y sus posibilidades reducir la brecha que existe entre el trabajo en entornos digitales y los entornos físicos.

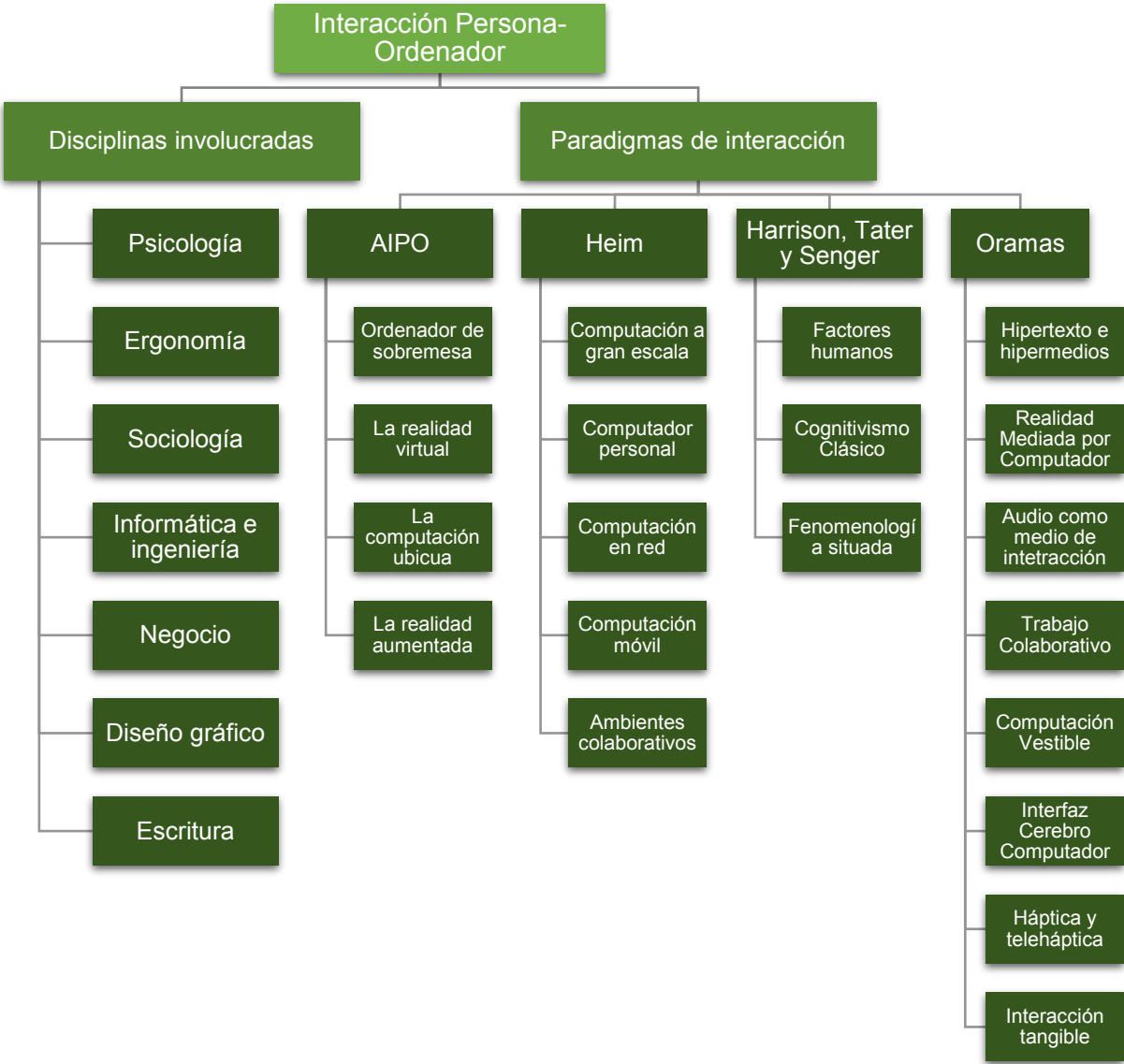


Figura 2.1. Esquema de temas abordados en el capítulo, en relación con IPO



CAPÍTULO III.
INTRODUCCIÓN A LA INTERACCIÓN TANGIBLE.
SU APLICACIÓN EN ESCENARIOS EDUCATIVOS

3.1. Introducción

La IT constituye un tema de investigación actual. Se orienta a ampliar las posibilidades de IPO para contribuir en la posibilidad de contar con interacciones más naturales e intuitivas entre los sistemas informáticos y los humanos.

Por tanto, la IT es un pilar fundamental en el marco de esta investigación, principalmente porque se ven involucrados objetos tangibles, y entre ellos, se pone el foco en los objetos activos, de los cuales forman parte los juguetes interactivos propuestos como objeto de estudio de esta tesis.

Cabe aclarar, que los juguetes interactivos son objetos activos orientados a ofrecer diferentes posibilidades de interacción a los niños y niñas (Hopma, Bekker, & Sturm, 2009). El diseño e implementación de estos juguetes interactivos se basa en tecnologías como sensores y actuadores que tienen el potencial de estimular a los infantes a practicar habilidades físicas y sociales (Bekker & Eggen, 2008).

En el presente capítulo se realiza un acercamiento a la IT, desde el concepto, las características y las posibilidades que ofrece, en la sección 3.2. Luego, la sección 3.3 presenta una descripción de las *tabletops*, las cuales consisten en una superficie horizontal y digital en la que se apoyan muchos trabajos de IT. En la sección 3.4 se describen los objetos tangibles, que al igual que las *tabletops* se presentan como pilares de las aplicaciones basadas en el enfoque de IT. Finalmente, se presentan las conclusiones del capítulo en la sección 3.5.

3.2. Concepto de interacción tangible. Interfaces de usuario tangible

La IT es un término que fue introducido por Hiroshi Ishii y Brygg Ullmer en 1997 (Ishii & Ullmer, 2003) en busca de establecer un nuevo modelo de IPO, un intento de reducir la brecha entre el ciberespacio y el entorno físico haciendo que la información digital sea tangible. Ishii & Ullmer (2003) afirman que “*Las TUIs aumentarán el mundo físico real mediante el acoplamiento de la información digital a objetos y entornos físicos cotidianos*”. (p. 235).

Como afirma Farr, Yuill, & Raffle (2010):

Las interfaces de usuario tangibles (TUIs) son una rama del campo de la Interacción Humano-Computador (HCI) que incorpora la tecnología digital en formas aprehensibles, permitiendo a los usuarios acceder a la tecnología informática de formas novedosas.

(Farr et al., 2010, p. 239)

Ishii (2008a) sugiere a las TUIs como un nuevo camino en el marco de IPO, en donde se busca alcanzar que la computación sea realmente ubicua e invisible, es decir, representa una

nueva visión de la computación ubicua introducida por Weiser (1991), al integrar la tecnología digital en el entorno físico, haciendo invisible la tecnología (Ishii, 2008b). En relación con lo anterior, los autores Vaz, Fernandes, & Rocha (2016) indican que existen 3 conceptos claves: (i) acoplamiento de bits y átomos en donde se asocian datos digitales a los objetos tangibles, (ii) superficies interactivas, interfaces sólidas que son adaptadas para la sinergia entre ambos mundos y, (iii) el medio ambiente, que incluye los elementos que permiten influir en la percepción del ser humano, a través de cambios en la luz, sonido y el movimiento del aire.

La idea principal está basada en la integración de los entornos físicos con elementos computacionales como una forma de aumentar la capacidad de expresión de estos sistemas.

Es importante resaltar que las TUIs difieren de las GUIs (Interfaces Gráficas de Usuario). Las TUIs son interfaces físicas con la capacidad de utilizar objetos físicos para controlar un sistema informático, en las TUIs el usuario no tiene que manipular los elementos de control de GUI como el ratón, teclado tradicional, botones, etc. Más aún, anima a los usuarios a la manipulación de objetos físicos que controlen datos virtuales (Inami, Sugimoto, Thomas, & Richter, 2010).

Zuckerman & Gal-Oz (2013) hacen mención a cómo las TUIs difieren de las GUIs, citando 3 razones: interacción física, *feedback* y un alto nivel de realismo. Estas propiedades de las TUIs hacen que las interacciones sean lo más parecido a interacciones naturales e intuitivas. Por ejemplo: *“una de las formas más intuitivas de interacción con el mundo físico es recoger un objeto seleccionado, manipularlo con nuestras manos y recibir retroalimentación basada en nuestras acciones”* (Zuckerman & Gal-Oz, 2013, p. 817).

Las TUIs presentan una serie de beneficios en relación a su mayor naturalidad a partir del uso de los objetos físicos, tangibilidad, multiplexado espacial y el aprendizaje experiencial a través de la manipulación directa (Kirk, Sellen, Taylor, & Villar, 2009). Además, se enfocan en tratar de aumentar la productividad humana forjando herramientas digitales que sean más fáciles de utilizar, y para ello, se aprovechan las habilidades espaciales de las personas, en vinculación con la capacidad innata de actuar en espacios físicos e interactuar con objetos (Sharlin, Watson, Kitamura, Kishino, & Itoh, 2004; Takashima, Asari, Yokoyama, Sharlin, & Kitamura, 2015). Además pueden proporcionar un *feedback* háptico natural durante el proceso de interacción (Weiss, Hollan, & Borchers, 2010).

Son múltiples los beneficios que tienen las TUIs. Fitzmaurice, Ishii, & Buxton (1995, p. 433) identificaron algunas de estas ventajas:

- Permiten una mayor entrada de usuarios paralelos, mejorando así la expresividad o la capacidad de comunicación con el ordenador;
- Aprovechan las habilidades humanas bien desarrolladas de comportamiento aprehensible para las manipulaciones físicas del objeto;
- Externaliza representaciones computacionales;
- Facilitan las interacciones haciendo que los elementos de la interfaz sean más "directos" y más "manipulables", usando artefactos físicos;
- Aprovechan las habilidades de razonamiento espacial; y
- Permiten el trabajo colaborativo entre varias personas.

Del mismo modo, Starcic & Zajc (2011) indican potenciales de las TUIs principalmente para el aprendizaje: (i) son interfaces naturales que requieren poco esfuerzo cognitivo, (ii) ofrecen una variedad de interacciones, (iii) el uso de objetos físicos ayuda a los que tienen dificultades en la comprensión de representación abstractas y sintaxis complejas, (iv) ofrecen una representación simultánea de objetos tangibles de interés (propios del ambiente real) y en la aplicación (ambiente virtual) y, además, (v) no se limitan a un solo usuario, ya que permiten brindar una experiencia social y real que pueda facilitar el aprendizaje.

Por otra parte, los autores Ullmer, Ishii, & Jacob (2005) identifican 3 enfoques o tipos de TUIs: superficies interactivas, ensamblaje constructivo y sistemas de *token* + restricciones.

- **Superficies interactivas.** Son aquellas donde los objetos tangibles son colocados y manipulados sobre superficies planas (Shaer & Hornecker, 2009). Por ejemplo: *Audiopad*, una interfaz basada en etiquetas de radiofrecuencia para rendimiento musical, donde se utilizan objetos llamados discos como dispositivos de entrada. Un intérprete puede manipular sobre la *tabletop* los discos, y ésta le permite controlar el proceso de síntesis en tiempo real, proyectando información gráfica (señales musicales como volumen y parámetros de efectos) sobre y alrededor de los discos (Patten, Recht, & Ishii, 2002).
- **Ensamblaje constructivo.** Consiste de elementos modulares y conectables entre sí (Shaer & Hornecker, 2009). Por ejemplo: *Topobo*, un sistema de ensamblaje integrado con una memoria cinética el cual permite grabar y reproducir el movimiento físico. Permite construir formas biomórficas, enseñar movimientos y luego repetir esos movimientos (Raffle, Parkes, & Ishii, 2004).

- **Sistemas de token + restricciones.** Consta de la combinación de 2 tipos de objetos físicos-digitales, las restricciones brindan la estructura que limita el posicionamiento y el movimiento de los *tokens* de forma mecánica (Shaer & Hornecker, 2009). Por ejemplo: *Space ship*, juguetes físicos que se utilizan en una *tabletop* para el clásico juego de Asteroides. En éste, los niños pueden destruir los asteroides que aparecen en la superficie activa a través de los juguetes, los cuales contienen un botón que cuando es presionado lanza un misil y sonido para simular que la nave está disparando (Marco et al., 2010; Marco, Cerezo, & Baldassarri, 2012a).

Para Shaer & Hornecker (2009) estas clasificaciones no son tan categóricas, en muchos sistemas se mezclan, por ejemplo, en el caso de tener restricciones colocadas en una superficie interactiva.

El éxito de la interfaz de usuario tangible dependerá de qué tan bien aprovechen la espacialidad, y las habilidades espaciales intuitivas que los humanos tienen con los objetos que utilizan. En este trabajo, se examina la relación entre los seres humanos y los objetos físicos, en particular, juguetes interactivos.

Finalmente, Sharlin et al. (2004) también refuerza la misma idea de que el éxito de las TUIs depende de que tan bien se aproveche de la espacialidad humana, la cual consiste en la capacidad innata de los humanos para actuar en el espacio físico e interactuar con objetos físicos. Por tanto, las TUIs espaciales se definen como “*un subconjunto de TUIs que median la interacción con la forma, el espacio y la estructura*”. (Sharlin et al., 2004, p. 339).

3.3. Tabletops y superficies interactivas

El término *tabletop* proviene de los términos escritorio y la computadora portátil, en donde se resalta la ubicación de la pantalla y se interactúa con la información digital, olvidando el uso del teclado y el mouse (Müller-Tomfelde & Fjeld, 2010).

Dietz & Leigh (2001) fueron los encargados de impulsar la tecnología de las *tabletops*, estos propusieron una técnica para la creación de dispositivos de entrada sensible al tacto, a partir de esta técnica nace un prototipo llamado *DiamondTouch*, el cual consiste en una tecnología táctil y multiusuario para pantallas frontales proyectadas en una mesa.

Por tanto, los autores Artola et al. (2014), Bellucci et al. (2014) y Dillenbourg & Evans (2011) consideran las *tabletops* como superficies interactivas, digitales, horizontales y aumentadas computacionalmente. Su tamaño es como el de una mesa, proporcionan un espacio compartido y permiten a los usuarios participar en diversas tareas de forma individual y grupal (Takashima et al., 2015). Las *tabletops* se utilizan para generar, manipular y mostrar objetos

que son portadores de información, es decir, no se utilizan principalmente para difundir información, por el contrario, se usan para elaborar e interactuar (Karat & Vanderdonckt, 2010).

De igual modo, permiten la co-ubicación alrededor de estas superficies, con ello, las personas pueden participar en las tareas generando un ambiente más familiar, un entorno colaborativo y la capacidad de aumentar el área interactiva de la pantalla (Geller, 2006; Ryall, Forlines, Shen, & Morris, 2004).

Algunos ejemplos de *tabletops* son: *DiamondTouch* (Dietz & Leigh, 2001), *SmartSkin* (Rekimoto, 2002), *reacTable* (Jordà, Geiger, Alonso, & Kaltenbrunner, 2007), *NIKVision* (Marco et al., 2012a; Marco, Cerezo, Baldassarri, Mazzone, & Read, 2009), *VisionAr* (Artola et al., 2014) y *Active Pathways* (Mehta et al., 2016).

A continuación, en la Figura 3.1 se ilustra a *VisionAr*, una *tabletop* interactiva desarrollada en la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina. Este prototipo consiste en una superficie horizontal, aumentada computacionalmente donde se puede trabajar con diversas aplicaciones basadas en IT.

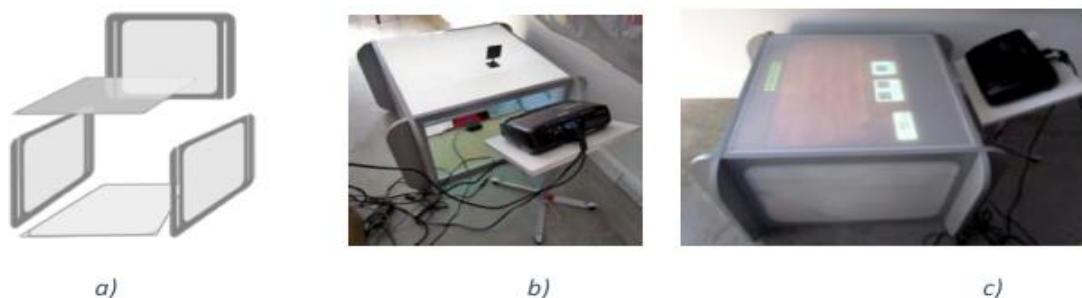


Figura 3.1. a) Estructura de *VisionAr* b) *VisionAr* Se observa el proyector, ubicado sobre un atril regulable, y espejo en su interior c) en funcionamiento.

Fuente: Tomado de Artola et al. (2014, p. 7).

Por otro parte, se ha avanzado en el desarrollo de *frameworks* para proporcionar un soporte para el prototipado de las aplicaciones, y que permita a las personas explorar el diseño de las interfaces y técnicas de interacción (Ryall et al., 2004). Por ejemplo: *DiamondSpin* (Shen, Vernier, Forlines, & Ringel, 2004) y *ToyVision* (Marco, Cerezo, & Baldassarri, 2012b).

Dicho lo anterior, para Marco et al. (2012a) la esencia de las *tabletops* se basa en la apropiada combinación del uso del entorno físico junto con el virtual, donde los diseñadores pueden iniciar desde un concepto virtual (juego multimedia) y enriquecerlo con la representación física o comenzar desde un concepto de juego basado en la manipulación de objetos físicos y deliberar de qué forma podría enriquecerlo el aumento con información digital.

Además de las *tabletops*, las pizarras digitales interactivas y pantallas táctiles múltiples son ejemplos de superficies interactivas, todas con grandes potenciales en cuanto al apoyo de los aprendizajes colaborativos compartidos (Evans & Rick, 2010).

Entre los apoyos que las superficies interactivas brindan a las actividades colaborativas se encuentra el diseño grupal (Harris et al., 2009), la construcción de conocimiento (Do-Lenh, Kaplan, & Dillenbourg, 2009), el aprendizaje basado en la investigación (Falcão & Gomes, 2006), el juego interactivo (Piper et al., 2006) y la resolución de problemas (Rick, Rogers, Haig, & Yuill, 2009). Para Evans & Rick (2010) este apoyo que brindan las superficies interactivas en actividades colaborativas tienen un fundamento teórico, y lo describe de la siguiente forma; (i) constructivismo, tratar de ubicar al alumno en situaciones en donde pueda construir y examinar sus propios modelos mentales, (ii) colaboración, donde los entornos de aprendizaje impulsan el debate y reflexión de estos modelos.

3.4. Objetos tangibles: clasificación

Ullmer & Ishii (1997) identifican a los objetos tangibles como entidades físicas y reales que pueden ser tocadas, y funcionan como puente de interacción con aplicaciones digitales. Por consiguiente, en las interfaces tangibles estos artefactos u objetos físicos se utilizan para representar y controlar información digital (M. Marshall et al., 2012; P. Marshall, Price, & Rogers, 2003).

Los objetos físicos, en conjunto con diferentes tecnologías como los sensores, tienen la capacidad de aprovechar las interacciones cotidianas de las personas con el mundo y permitir nuevas formas de interacción con un mayor acceso a información de la que se encuentra en el entorno físico inmediato (Price, 2008).

Esta relación de acoplamiento entre los objetos físicos y la información digital se conoce como enlace digital (Price, 2008). Es lo que permite crear un enlace entre el mundo real y virtual (Bellucci et al., 2014) a través del uso de diferentes medios digitales con diferentes propiedades de los objetos físicos.

Por consiguiente, los objetos tangibles junto con las *tabletops* ofrecen un gran potencial desde el punto de vista de la interacción, debido a que se convierten en componentes de la interfaz (Dalsgaard & Halskov, 2014).

Estos objetos físicos que constituyen una TUI se clasifican en pasivos y activos. Además, es importante destacar que estos objetos están pasando un proceso de evolución, primeramente de pasivos a activos hasta llegar a los objetos deformables (Ishii, Lakatos, Bonanni, & Labrune, 2012).

A continuación, se realiza una descripción de los objetos activos, pasivos y deformables, así como una demostración de ejemplos para cada uno de ellos.

3.4.1. Objetos pasivos

Los objetos pasivos son aquellos objetos que actúan como un dispositivo de entrada (Ullmer & Ishii, 1997). Son objetos que pueden ser manipulados por los usuarios y detectados por un sistema pero no son capaces de realizar ninguna acción por sí mismos (Frías, Marco, Serón, & Latorre, 2010).

Los objetos pasivos no tienen medios de autopropulsión, y no pueden ser movidos automáticamente por un sistema de control (Inami et al., 2010). Un ejemplo es el objeto poliédrico de *Venice Unfolding* (ver Figura 3.2) (Nagel, Heidmann, Condotta, & Duval, 2010), en el que cada cara del objeto tiene un marcador único de tipo fiducial. El fiducial es reconocido por una cámara dentro de la *tabletop* y permite al sistema identificar la cara del objeto a la que se encuentra enfrenteado, así como la posición y orientación.



Figura 3.2. Venice Unfolding.

Fuente: Tomado de Nagel et al. (2010, p. 745).

Un objeto pasivo puede llegar a ser casi cualquier tipo de objeto, donde se pueden considerar desde formas geométricas de madera o plástico, artefactos cotidianos o incluso alimentos como frutas o verduras, ya que son objetos con una mayor facilidad para adherir un marcador (Kaltenbrunner & Bencina, 2007).

3.4.2. Objetos activos

Los objetos activos son los responsables de generar interacciones tangibles activas con alguna automatización robótica o locomoción (Inami et al., 2010; Richter, Thomas, Sugimoto, & Inami, 2007). Del mismo modo, los autores (M. Marshall et al., 2012) indican que los objetos activos contienen actuadores y sistemas de control que puede conceder al objeto diferentes acciones, por ejemplo, un desplazamiento encima de una *tabletop*.

Por su parte, East, DeLong, Manshaei, Arif, & Mazalek (2016) definen a los objetos activos como “*dispositivos físicos de retroalimentación de entrada que se pueden usar de manera independiente o en conjunto con otro hardware o software para aumentar de forma tangible la interacción con pantallas integradas, sensores o capacidades de actuación*”. (p. 470)

Un ejemplo de objetos activos es *Sifteo Cubes* (Merrill, Sun, & Kalanithi, 2012), que se muestra en la Figura 3.3. *Sifteo Cubes* consiste en cubos con una pantalla pequeña basada en cristal líquido y sensores que permiten detectar movimientos como sacudidas, toques, inclinaciones y adyacencia con otros cubos (Mehta et al., 2016).



Figura 3.3. *Sifteo Cubes*.

Fuente: Tomado de Merrill et al. (2012, p. 1018).

En aplicaciones como en *Eugenie* (Grote, Segreto, Okerlund, Kincaid, & Shaer, 2015) y *Active Pathways* (Mehta et al., 2016) se utiliza a los *Sifteo Cubes* como objetos activos con la finalidad de construir modelos dentro y fuera de la superficie de la *tabletop* (Arif et al., 2016).

Valdés et al. (2014) exponen que los objetos tangibles tienen la capacidad de reconfigurarse a lo largo del tiempo, permitir modificar sus asociaciones con conjuntos de datos, por tanto, en combinación con *tabletops* podría facilitar la presentación y manipulación de los datos. Los juguetes interactivos, como se mencionó en capítulos previos, son considerados objetos activos, con capacidades de actuación y respuesta según las acciones del usuario.

3.4.3. Objetos deformables

Los objetos deformables consisten en materiales que no tienen una forma constante, debido a que pueden cambiar de acuerdo con las manipulaciones del usuario. Algunos de estos materiales deformables son: arcilla, cartón o tela (Marco et al., 2012b).

Un ejemplo de objetos deformables es *GaussBricks* (Liang et al., 2014). Así como se puede observar en la Figura 3.4, *GaussBrick* consiste en un sistema de bloques de construcción magnéticos que permite a los usuarios construir diferentes formas tangibles para trabajar

sobre una *tabletop*. Cada uno de los bloques contiene imanes y están diseñados especialmente para manipular y facilitar la configuración deseada.

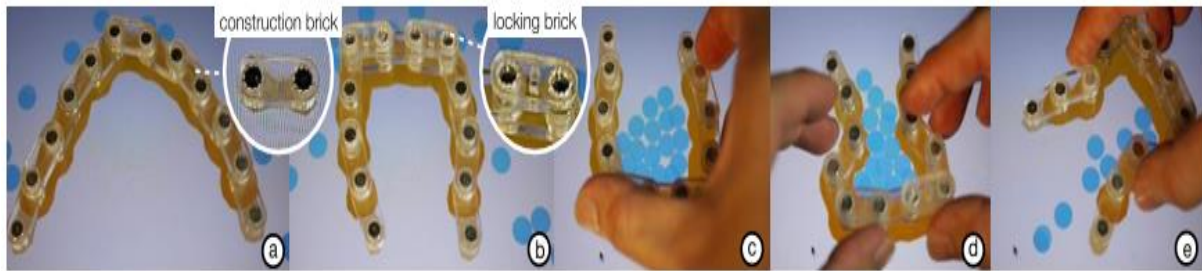


Figura 3.4. GaussBricks.

Fuente: Tomado de Liang et al. (2014, p. 3154).

Los objetos deformables tienen la posibilidad de ser pasivos o activos. Por ejemplo, *HandLog* (Beven, Hoang, Carter, & Ploderer, 2016) un dispositivo portátil de interacción que puede ser deformado con las manos mediante la manipulación con los dedos, esto lo convierte en un medio de entrada continua, en tiempo real, que es gestionada por un *Arduino* y admite múltiples niveles de retroalimentación táctil.

En conformidad con Marco, Cerezo, & Baldassarri (2015), los objetos deformables brindan oportunidades para la elaboración de juegos innovadores en *tabletops*, principalmente porque estos materiales son una buena opción para cuando resulta difícil agregar marcadores.

3.5. Conclusiones

La IT se presenta como una forma de interacción entre los humanos y los computadores, donde objetos de cualquier tipo son utilizados para el control y representación física de información digital.

En este capítulo se establecieron las bases y características de la IT, se presentó el concepto de *tabletops* y de objetos tangibles. Se destaca la importancia de esta interacción entre las personas y las computadoras subrayando las oportunidades de los usuarios para crear, manipular y mostrar información a través de dinámicas diferentes o novedosas.

Entre los aspectos más importantes del capítulo, se encuentra la presentación de las posibilidades de las *tabletops* para la IT, que representan una oportunidad para generar diversas actividades educativas, en las que se pueden utilizar diversos tipos de objetos tangibles, y orientarse a la creatividad y colaboración. Entre los tipos de objetos se distinguieron los pasivos, activos y deformables. Entre los objetos activos, se encuentran los juguetes que pueden presentar *feedback* frente a las acciones de los niños, y por esto, se denominan interactivos. Estos son foco de esta tesis.



CAPÍTULO IV.
REVISIÓN DE EXPERIENCIAS EDUCATIVAS CON
OBJETOS ACTIVOS

4.1. Introducción

Los objetos tangibles se constituyen como aquellas entidades físicas y reales que pueden ser manipuladas, forman parte de un proceso de interacción entre personas y ordenadores, y se las considera así un medio de representación y control de información digital.

Como se mencionó en el capítulo previo, los objetos tangibles permiten crear un enlace entre el mundo virtual y el físico, esta característica es aprovechada con el objetivo de facilitar y generar una mayor transparencia y naturalidad en la interacción entre las personas y el ordenador.

Las tecnologías actuales permiten crear objetos físicos “inteligentes” capaces de reaccionar e interactuar con una aplicación informática. Estos son considerados en el campo de la IT como objetos activos. En particular, dentro de este conjunto los juguetes interactivos representan una posibilidad para generar nuevas interacciones con canales adicionales de información que puedan aportar al desarrollo de actividades educativas.

En este capítulo se aborda la implicación de los objetos activos en actividades educativas. Así, en la sección 4.2 se analiza la importancia de la utilización de objetos activos tangibles en actividades educativas. Luego, se realiza un análisis de 10 experiencias seleccionadas, que involucran utilización de objetos activos en actividades educativas, por tanto, en la sección 4.3 se describen los criterios de análisis de estas experiencias. La sección 4.4 presenta las experiencias y actividades de IT seleccionadas. La aplicación de los criterios de evaluación se lleva a cabo en la Sección 4.5, y en la sección 4.6 se realiza una síntesis de la aplicación de los criterios. Finalmente, en la sección 4.7 se describen las conclusiones del capítulo.

4.2. Importancia de usar objetos activos en actividades educativas

Como se ha mencionado en el capítulo anterior, la IT corresponde a una amplia gama de sistemas e interfaces basados en la manipulación física y la representación de datos, la integración de objetos del espacio real y el aumento digital de los espacios físicos (Hornecker & Buur, 2006). Este tipo de aplicaciones permiten controlar las acciones por medio de objetos, entre ellos los objetos activos (Sanz et al., 2012).

Por tanto, se exaltan las posibilidades que tienen los objetos convencionales, sobre todo aquellos que son digitalmente aumentados para utilizar en los procesos de interacción en el ámbito educativo (Marco et al., 2010). Algunos autores mencionan que a través de las aplicaciones tangibles se puede favorecer la representación de conceptos abstractos de una forma concreta (Roberto, Freitas, Lima, Teichrieb, & Kelner, 2011).

Aunado a lo anterior, también los manipuladores digitales (Resnick et al., 1998) generan aportes en actividades educativas (Roberto et al., 2011) y consisten en una versión computacional de objetos físicos con la finalidad de expandir conceptos y explorarlos por medio de la manipulación directa (Zuckerman et al., 2005). Por ejemplo, *Siftables* es una plataforma que aplica tecnología y metodología desde redes de sensores inalámbricas a interfaces de usuario tangibles. Los *Siftables* (ver Figura 4.1) pueden ser manipulados físicamente como un grupo para interactuar con información digital (Merrill, Kalanithi, & Maes, 2007).



Figura 4.1. *Siftables*, dispositivos compactos con detección, pantalla gráfica y comunicación inalámbrica.

Fuente: Tomado de (Merrill et al., 2007, párr. 76).

Años más tarde surge *Sifteo Cubes*, este producto nace de las investigaciones realizadas en *Siftables* y es uno de los ejemplos donde se trabaja con objetos activos. Los desarrolladores de *Sifteo Cubes*, Merrill et al. (2012), a partir de sus indagaciones con esta aplicación, afirman que los materiales tangibles permiten generar experiencias de interacción multiusuario de forma natural.

Merrill et al. (2012) destacan la colaboración como otro aspecto a potenciar a través de este tipo de actividades. Señalan que aun cuando las actividades elaboradas para utilizar *Sifteo Cubes* fueron diseñadas para un solo jugador, lo ocurrido durante el desarrollo de las experiencias demostró la necesidad de colaboración del grupo. Cada individuo aportó su *Sifteo Cube* para encontrar la solución. Entre las anécdotas de estas actividades, uno de los alumnos indicó que no solo se trataba de que cada persona tuviera su oportunidad de participar, sino que se favorecía el trabajar juntos.

A diferencia de los objetos pasivos, que a veces podrían carecer de diversión (Kyfonidis, 2017), los objetos activos surgen de versiones mejoradas computacionalmente, a partir de la utilización de tecnologías como *Arduino* o *Raspberry* (ver Anexo II: Tecnologías para el desarrollo de juguetes interactivos), apoyan el aprendizaje de conceptos abstractos y buscan expandir los conceptos a través de la manipulación directa, para modelar procesos temporales y computacionales (Zuckerman et al., 2005).

Además, los objetos activos tienen la capacidad de brindar un *feedback* en tiempo real, haciendo referencia a la capacidad de influir en la interacción, cambiar las posiciones u orientación del objeto o brindar un *feedback* multimodal, a través de manifestaciones hápticas, auditivas o visuales (Riedenklaue, Hermann, & Ritter, 2010).

Esta capacidad de incluir y manifestar diferentes modalidades en cuanto al *feedback*, provee a los investigadores una herramienta más para incorporarlo en los procesos de aprendizaje. Esta posibilidad podría derivar en un actividad más social, cooperativa o colaborativa e integrar diversas formas de interacción que la potencien (van Huysduynen, de Valk, & Bekker, 2016).

Asimismo, ante las posibilidades que tienen los objetos activos para brindar un buen *feedback*, están aquellas que podrían orientarse para mostrar el desempeño o avance del estudiante, ayudar a identificar errores y tomar conciencia de ello, proporcionar pistas y fortalecer la capacidad de los estudiantes para autorregular su propio desempeño (Nicol & MacFarlane-Dick, 2006; Van Seters, Ossevoort, Tramper, & Goedhart, 2012).

De acuerdo con Brookhart (2008) el *feedback* es más efectivo cuando se adapta a los estudiantes. Por consiguiente, se han generado diferentes clasificaciones de *feedback*. En Van Seters et al. (2012) se presenta la siguiente clasificación: sobre la tarea (FT), procesamiento de la tarea (FP), la autorregulación (FR) y afectivo (FS).

El FT es la más común y suele llamarse *feedback* correctivo o conocimiento de resultados. El FP es más específica de los pasos de aprendizaje que se necesitan para realizar una tarea. El FR consiste en el *feedback* que los alumnos crean para sí mismos. El FS expresa evaluaciones positivas y negativas (Van Seters et al., 2012).

El uso de objetos tangibles activos en actividades educativas brinda posibilidades para enriquecer los diferentes tipos de *feedback* presentados, las alternativas de interacción y colaboración, y abre el camino para el abordaje de conceptos abstractos, y el modelado de procesos. En la siguiente sección se presenta una serie de criterios que permitirán el análisis de experiencias educativas que utilizan aplicaciones tangibles con objetos activos.

4.3. Criterios de análisis de las experiencias

Entre los objetivos de esta investigación se propuso el de analizar antecedentes en relación con la utilización de objetos activos en actividades educativas basadas en IT. Con este fin, se establecieron criterios de manera tal de enfocar el análisis, de forma homogénea, de un conjunto de casos.

La selección de criterios tiene como base el trabajo de Mehta et al. (2016) y tiene como objetivo describir actividades educativas basadas en IT con objetos activos y analizar cómo estos influyen las actividades, con especial atención en el *feedback*. Los criterios se agrupan en 4 categorías: aspectos generales, aspectos relacionados con la IT, interfaces de usuario tangible y aspectos metodológico-educativos de las experiencias. A continuación, se explica cada categoría:

- a) **Aspectos generales.** Los criterios que incluye esta categoría están vinculados a contextualizar las experiencias y dar una caracterización general de ellas. A partir de estos indicadores se puede, por ejemplo, considerar de qué países provienen las experiencias y a qué nivel educativo se orientan.
- b) **Aspectos vinculados a la interacción tangible.** Los criterios incluidos en esta categoría permiten analizar la forma en que se lleva a cabo el proceso de interacción entre las personas y las computadoras. Por ende, se busca dar a conocer el tipo de objeto que se utiliza, así como las estrategias y técnicas con las que se plantea desarrollar la IT.
- c) **Aspectos vinculados a las interfaces de usuarios tangibles.** Los criterios presentes en esta categoría permiten conocer las diferentes formas en que los objetos físicos y digitales pueden ser acoplados computacionalmente.
- d) **Aspectos vinculados a lo metodológico y educativo.** Esta categoría incluye los criterios que analizan la actividad educativa y las estrategias metodológicas puestas en juego. Al tratarse de experiencias orientadas a algún proceso de enseñanza y/o aprendizaje, se busca conocer el tipo de actividades educativas realizadas, el papel que juegan los participantes dentro de la actividad y qué metas, desde el punto de vista educativo, se propone alcanzar del desarrollo de las actividades.

La Tabla 4.1 muestra la clasificación de los criterios en cada una de las categorías descriptas.

Tabla 4.1. Categorías y criterios de evaluación.

Categorías	Criterios
Descripciones generales	-País donde se desarrolla -Nivel educativo
Interacción Tangible	-Tipos de objetos -Modalidad de interacción -Tipos de <i>feedback</i>
Interfaces de usuario tangible	- <i>Framework MCRpd</i> - <i>Framework</i> basado en el grado de coherencia
Metodológico educativo	-Tipos de actividad -Evaluación

A continuación, se describen los criterios de análisis propuestos para la revisión y estudio de las experiencias:

a) Descripciones generales.

- i. **País de investigación.** Este criterio busca indagar los países en que se llevan adelante las experiencias seleccionadas. Luego, se podrán resumir los países con mayor concentración de investigaciones encontradas y enfocadas en el desarrollo de sistemas informáticos para actividades educativas basadas en IT con uso de objetivos activos. Los posibles valores del criterio serán los nombres de los países.
- ii. **Nivel educativo.** Las experiencias seleccionadas pueden estar enfocadas en distintos niveles educativos, incluso orientados para estudiantes de educación especial. Por consiguiente, este criterio permitirá identificar el nivel educativo de las experiencias seleccionadas.

Los posibles valores del criterio son:

- **Educación Especial.** Identifica las experiencias llevadas a cabo con personas de educación especial. En este caso, se detallará, si corresponde, las características particulares de la población destinataria.
- **Inicial.** Esta etiqueta determina las actividades de las experiencias seleccionadas en las cuales los destinatarios comprenden edades entre los 3 hasta los 5 o 6 años.
- **Primario.** Esta etiqueta determina las actividades de las experiencias seleccionadas en las cuales los destinatarios presentan edades entre los 6 hasta los 12 o 13 años.
- **Secundario.** Esta etiqueta identifica las actividades de las experiencias seleccionadas cuyos destinatarios son adolescentes y jóvenes, cuyas edades promedio se encuentran entre los 13 años hasta los 18 años.
- **Superior/universitario.** Identifica las actividades de las experiencias seleccionadas cuyos destinatarios se encuentran cursando en la universidad, una institución de educación superior o son investigadores de una institución educativa.

b) Interacción tangible.

- i. **Tipo de actividad.** De acuerdo con P. Marshall et al. (2003), existen 2 tipos de actividades en donde los alumnos pueden participar cuando se utiliza IT.

- **Actividad exploratoria.** Identifica las actividades donde el alumno explora una representación existente. Esta representación está basada en ideas de un experto del dominio.
 - **Actividad expresiva.** Esta etiqueta identifica las actividades donde los alumnos generan una representación de un dominio. Estas representaciones surgen de sus propias ideas, y a través de herramientas se logran hacer explícitas estas representaciones.
- ii. **Modalidad de interacción.** Este criterio permite identificar en las experiencias seleccionadas el espacio y forma de la interacción.

Los valores para este criterio son:

- **Superficie interactiva (Tabletop/Pizarra).** Esta etiqueta se utiliza para identificar el tipo de superficie interactiva sobre la que se desarrolla la dinámica de la actividad, si es que hay una superficie involucrada.
 - **Touch / Multi-Touch.** Esta etiqueta se refiere a si se incluye la posibilidad de interactuar con los dedos sobre las superficies interactivas involucradas.
 - **Tangibles.** Esta etiqueta identifica aquellas interacciones que se llevan a cabo por medio de la manipulación de un objeto físico. Se detalla de qué forma, ya que todas las experiencias seleccionadas tendrán este estilo de interacción acorde a lo que se propone estudiar. Además, aquí se especifica el tipo de objetos involucrados, y la tecnología subyacente que se utiliza para que sean activos.
 - **Sin contacto.** Esta etiqueta corresponde a identificar las interacciones que se realizan a través de la detección de movimientos, como pueden ser los gestos de las manos.
- iii. **Tipos de *feedback*:** El *feedback* consiste en cualquier tipo de mensaje que se genere en respuesta a una acción brindada. Se propone analizar a través de este criterio los tipos de *feedback* presentes según la clasificación de Van Seters et al. (2012).
- **Sobre la tarea.** Este *feedback* indica al estudiante si las respuestas que proporcionó son correctas o incorrectas.
 - **Procesamiento de la tarea.** Especifica los pasos que son necesarios para resolver tareas (aspectos procedimentales y metodológicos).

- **Autorregulación.** Es el *feedback* que puede contribuir a la autorregulación de los estudiantes. Por ejemplo, para incitar a los estudiantes a buscar información extra sin instrucciones previas, a gestionar su tiempo, a reflexionar sobre la efectividad de sus estrategias.
- **Afectivo.** Expresa evaluaciones positivas, por ejemplo: “Bien hecho”. En algunos casos, busca que, a pesar de los errores, se mantenga la motivación de la persona. Contienen poca información relacionada con la tarea.

Se pondrá especial énfasis a este criterio del *feedback* ya que será uno de los aspectos a analizar en el estudio de caso.

c) Interfaces de usuarios tangibles

i. **Framework MCRpd según Ullmer y Ishii.** Este marco consiste en el llamado *Model-Control-Representation (physical and digital)*, que se enfoca en la representación y se divide en 2 subelementos: representación física y representación digital (Ullmer & Ishii, 2000).

- **Sistema espacial.** Interpretan la posición espacial y la orientación de múltiples artefactos físicos dentro de marcos de referencia comunes.
- **Sistema constructivo.** Artefactos modulares con instrumentos electrónicos que permiten construir modelos del mundo físico.
- **Sistema relacional.** Establece relaciones entre objetos para agregar datos representados en un contexto.
- **Sistema asociativo.** Incluyen las TUI, donde asocian datos de los objetos individuales con información digital, pero no integra asociaciones de múltiples objetos en relaciones a gran escala.

ii. **Framework basado en el grado de coherencia según Koleva, Benford, Hui NG y Rodden.** este marco considera las diferentes formas en que los objetos físicos y digitales se pueden acoplar computacionalmente (Koleva, Benford, Hui Ng, & Rodden, 2003).

- **Herramienta de propósito general.** Son los objetos que presentan el nivel más bajo de coherencia. Un usuario podría seleccionar y manipular objetos digitales y realizar diferentes transformaciones con un mismo objeto físico. Por ejemplo: *Mouse y Joysticks*.

- **Herramienta especializada.** Consiste en los objetos físicos que forman parte de la interfaz que tienen una función más especializada que la de propósito general, pero que aún se conectan de forma temporal a objetos digitales. Por ejemplo: instrumentos ópticos, pinceles.
- **Identificador.** Esta categoría consiste en la representación de objetos físicos que forman parte de la interfaz, tales como marcadores para recuperar información digital (ejemplo: códigos de barras).
- **Proxy.** Corresponden aquellos objetos que están asociados de forma más permanente y que permiten una mayor manipulación de los objetos digitales.
- **Proyección.** Refiere a las relaciones en donde un artefacto digital se ve como una representación directa que contiene algunas propiedades del objeto físico. Por ende, la existencia del objeto digital depende del objeto físico.
- **Ilusión del mismo objeto.** Es cuando se crea la ilusión de que 2 objetos acoplados son uno mismo, para esto se crean transiciones suaves entre el espacio físico y digital. Por ejemplo, un objeto físico puede pasar por una interfaz transitable y aparecer como un objeto virtual del lado de la pantalla.

d) Metodológico - educativo

- i. **Tipos de actividad educativa.** Se analiza el tipo de actividad educativa desarrollada en la experiencia seleccionada.

Los valores para este criterio son:

- **Individual / grupal.** Esta etiqueta identifica si la experiencia está enfocada en una actividad educativa que se realiza en forma individual o grupal.
 - **Cooperativa / competitiva / colaborativa.** Esta etiqueta se utiliza sólo en caso de que se trate de una actividad grupal. Se identifica con estas etiquetas la dinámica utilizada en cada una de las experiencias y actividades de IT que fueron seleccionadas.
- ii. **Evaluación.** Analiza si las experiencias de IT seleccionadas han sido sometidas en algún momento a un proceso de evaluación de la propuesta. La evaluación puede consistir en pruebas en laboratorios, ambientes controlados y/o en escenarios reales. A partir de este criterio se analizan las principales técnicas utilizadas y los resultados alcanzados en las experiencias.

Los valores para este criterio son:

- **Si / No.** Esta etiqueta se orienta a detallar si las experiencias seleccionadas fueron o no evaluadas.
- **Técnica de evaluación.** Esta etiqueta identifica el tipo de evaluación empleada en cada una de las actividades, por ejemplo, si fue por observación, entrevista, cuestionario, etc.
- **Enfoque de la evaluación.** Se indaga la finalidad de la evaluación.

4.4. Recopilación de experiencias y actividades de IT

La recopilación de las experiencias y los casos seleccionados se basan en un proceso de revisión bibliográfica, contemplando como criterio de búsqueda general: experiencias de IT y su utilización en el escenario educativo donde esté presente el uso de objetos activos. La búsqueda se realizó en las bases de datos *ACM Digital Library* y *Springer* a partir de cadenas de búsqueda específicas. Se encontraron 40 trabajos de los cuales se seleccionaron 10 casos que cumplieran todos los criterios de búsqueda requeridos.

A continuación, se describen cada una de las experiencias y actividades seleccionadas.

4.4.1. TabletopCars

TabletopCars (Dang & André, 2013) es un proyecto desarrollado en Alemania cuyo objetivo principal es analizar las posibilidades que tiene el uso de *tabletops* para la creación de juegos, así como la influencia de los diferentes modos de interacción en los usuarios.

El proyecto consiste en 4 juegos: *Car Soccer*, *Car Crashing*, *Fastest Lap*, *Parcours*. A pesar de que los juegos tienen distintos enfoques, el objetivo es el mismo en todos ellos: analizar diferentes modos de interacción. Los juegos se pueden jugar en pareja, y son de competencia.

TabletopCars (ver Figura 4.2) se basa en el uso de objetos activos con forma de autos (juguetes), y utiliza una *tabletop* donde se aumentan los escenarios y se interacciona de forma *multi-touch*. También, tiene la posibilidad de utilizar un sensor *Kinect* de *Microsoft* que permite interactuar con los gestos de la mano, brazo o cuerpo. Asimismo, tiene a disposición un control remoto y son los usuarios los encargados de probar la técnica de interacción que deseen.



Figura 4.2. TabletopCars. Ejemplo de uso de los autos como objetos activos y la interacción táctil.

Fuente: Tomado de Dang et al. (2013, p. 37).

Los autos cuentan con un motor e imanes encargados de brindar el control y la dirección de los movimientos que se realizan sobre la *tablet*. Utilizan *PixelSense*⁵ (también llamado *Microsoft Surface*) para la detección de etiquetas. Además, son tamaño miniatura, contiene luces que se alimentan eléctricamente por una batería recargable y se controlan con un control remoto por radio a través de una conexión inalámbrica.

El sistema de control remoto de los autos fue implementado con tecnología *Arduino*, particularmente *Arduino UNO* con el microcontrolador *Atmel 328*. El rol de juguete es el de un dispositivo de entrada. El juguete por sí mismo no presenta un *feedback*, solo la ejecución de movimientos, pero se muestra *feedback* en la *tablet* por medio de luces y sonidos.

La evaluación del juego fue desarrollada en 2 momentos. En una primera instancia se trabajó con 8 estudiantes de Ciencias de la Computación para analizar el diseño y el concepto del juego. Luego, se realizó una evaluación para explorar la interacción incorporada. Para ello, participaron 20 voluntarios: 17 hombres y 3 mujeres, con edades entre los 22 y 28 años, todos ellos estudiantes de ciencias de la computación o investigadores.

Debido a los comentarios recibidos en la primera evaluación, la segunda evaluación se realizó únicamente con el juego *Car Crashing*, dado que era el juego más fácil y el favorito de los participantes anteriores. Se formaron parejas, se explicó la dinámica del juego, y por último se aplicó un cuestionario que solicitaba comentarios y preferencia de los modos de interacción luego de finalizar cada sesión.

⁵Introducción Surface Pro: Fuente: <https://www.microsoft.com/es-es/surface/devices/surface-pro/overview>

En general, se destacan preferencias de los voluntarios por el uso del control remoto, sobre el uso de *Kinect* y la manipulación táctil. Del mismo modo, los autores observaron que en ocasiones se presentaban problemas con los 3 modos de interacción, y los jugadores debieron corregir los comandos de dirección, ya que hubo momentos en que el auto no se movía en la dirección correcta.

Entre los principales comentarios detectados se destaca que los estudiantes disfrutaron del juego, en especial valoraron el uso de automóviles tangibles y activos en un entorno digital. Asimismo, agregan que prefieren los juegos en modo de 2 jugadores, principalmente por el factor diversión.

Finalmente, la Tabla 4.2 presenta un resumen de las características de *TabletopCars*. Estas características están relacionadas con los criterios de evaluación, por lo que serán de utilidad para la realización del análisis.

Tabla 4.2. Resumen de características de *TabletopCars*.

Descripción general	País	Alemania
	Nivel educativo	Superior/universitario
Interacción tangible	Actividad de aprendizaje	Exploratoria
	Modalidad de interacción	<i>Tabletop</i> , <i>multi-touch</i> , tangibles y sin contacto
	<i>Feedback</i>	Sobre la tarea
Interfaces de usuario tangible	<i>Framework MCRpd</i>	Sistema espacial
	<i>Framework</i> basada en el grado de coherencia	<i>Proxy</i>
Metodológico educativo	Actividad	Grupal/competitiva
	Evaluación	Busca analizar aspectos de diseño, concepto de juego y diferentes modos de interacción con alumnos de Ciencias de la Computación

4.4.2. Eugenie

Eugenie (Grote et al., 2015) fue desarrollado en Estado Unidos y tiene como objetivo brindar apoyo a biólogos por medio de una *tabletop* en conjunto con objetos activos y pasivos tangibles para realizar tareas de biodiseño a través de un proceso colaborativo.

Los objetos activos tangibles que se utilizan en *Eugenie* (ver Figura 4.3) tienen como base principal a *Sifteo Cube* (Merrill et al., 2012). Se reviste cada *Sifteo Cube* con una cubierta plástica que tiene una forma similar a un rompecabezas, esto permite encajar los objetos y conformar las reglas de biodiseño.

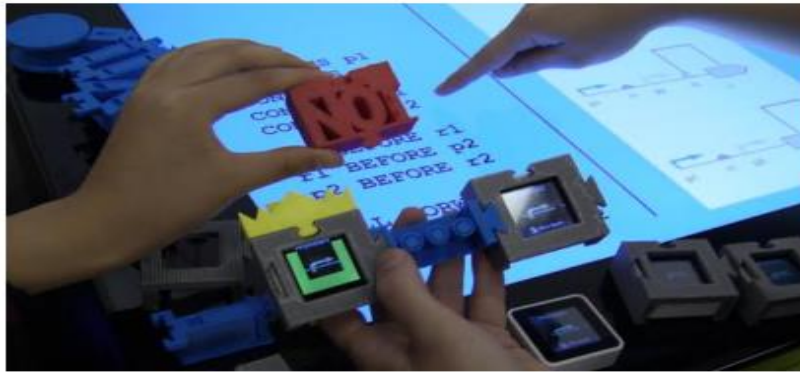


Figura 4.3. *Eugenie*.

Fuente: Tomado de Grote et al. (2015, p. 221).

Cada una de las cubiertas utilizadas para resguardar los *Sifteo Cubes* tiene a derecha e izquierda conectores que permiten agregar otros cubos. Del mismo modo arriba de cada cubierta se pueden agregar operadores lógicos. Los *Sifteo Cubes* tienen la posibilidad de manipularse por medio de gestos, agitándolos, volteándolos, inclinándolos, pegándolos y tocándolos. Se puede interactuar con ellos deslizando o haciendo clic, también incorporan interacción espacial, donde se logra apilar o acercar unos con otros.

Los *Sifteo Cubes* utilizados en *Eugenie* son la versión 2.0 y consisten en microcontroladores de tan solo 4.5 centímetros. Tienen la capacidad de interactuar entre sí y fueron programados haciendo uso de *Sifteo SDK* y C++. La propuesta de *Eugenie* tiene la capacidad de soportar hasta 8 cubos, además, detecta la posición y orientación de cada uno de ellos. Los cubos son utilizados para controlar información digital de entrada, pero no de salida.

La evaluación de *Eugenie* fue realizada a través de un estudio cualitativo, recolectando información a través de la observación y filmación de las sesiones. Contaron con el apoyo de 18 usuarios con edades entre 18 a 32 años. Los 18 usuarios fueron: un investigador de Biología sintética, 3 estudiantes inscritos en la competencia de investigación de Biología sintética iGEM⁶, 8 estudiantes de pregrado de ciencias y 8 estudiantes de pregrado de Ciencias de la Computación.

El objetivo de la evaluación consistía en examinar la usabilidad del sistema, con ello determinar las fortalezas y las limitaciones de la construcción de reglas, y la exploración del espacio de solución haciendo uso de la IT. Se analizó si el descubrimiento de las restricciones físicas permite a los usuarios determinar reglas sintácticas, corregir errores y apoyar la colaboración efectiva.

⁶ International Genetically Engineered Machine (iGEM)

Entre los principales resultados se evidencia que cada sesión tardó aproximadamente 35 minutos. Todos los usuarios pudieron navegar fácilmente a través de la biblioteca de partes proyectada en la *tabletop* haciendo el gesto de inclinación. La mayoría de los usuarios lograron identificar los operadores lógicos, sin embargo, algunos de ellos se les dificultó.

Todos los grupos fueron capaces de especificar las reglas de diseño, algunos con mayor o menor dificultad. Todas las parejas colaboraron con los otros participantes, verbal y físicamente, empleando palabras, gestos y señas.

Finalmente, la Tabla 4.3 presenta un resumen de las características de *Eugenie*. Estas características están relacionadas con los criterios de evaluación, por lo que serán de utilidad para la realización del análisis.

Tabla 4.3. Resumen de características de *Eugenie*.

Descripción general	País	Estados Unidos
	Nivel educativo	Superior/universitario
Interacción tangible	Actividad de aprendizaje	Expresiva
	Modalidad de interacción	<i>Tabletop</i> y tangibles
	<i>Feedback</i>	Sobre la tarea
Interfaces de usuario tangible	<i>Framework MCRpd</i>	Sistema relacional y constructivo
	<i>Framework</i> basada en el grado de coherencia	Ilusión en el mismo objeto
Metodológico educativo	Actividad	Grupal/competitiva
	Evaluación	Estudio cualitativo para estudiar la usabilidad.

4.4.3. SynFlo

SynFlo (Okerlund et al., 2016) fue desarrollado en Estados Unidos, busca explorar el biodiseño y permitir a los usuarios disfrutar de una actividad lúdica de diseño biológico por medio de la interactividad bajo una plataforma de colaboración.

SynFlo fue diseñado para una audiencia en general, y no utiliza interfaces táctiles como en la mayoría de los casos con el uso de *tabletops*. Por el contrario, el enfoque de *SynFlo* se basa en la interacción gestual y tangible, utilizando como objetos activos a los *Sifteo Cubes* (Merrill et al., 2012).

El proyecto de *SynFlo* constituye 2 versiones, *SynFlo 3.1* y *SynFlo 3.2* (ver Figura 4.4), la primera consiste en la combinación de *tokens* activos (objetos físicos programables con tecnologías integradas de visualización, detección o actuación) con objetos concretos reales, mientras que segunda versión está basada en *tokens* activos abstractos, representados en la pantalla del *Sifteo Cubes*.









	SynFlo 3.1	SynFlo 3.2
Paso 1: Elegir un gen sensible a la toxina		
Paso 2: Transferir el gen a un plásmido por piezas vecinas y sacudir.		
Paso 3: Transfiera el plásmido a la célula bacteriana mediante vertido (SynFlo 3.1) o por cubos vecinos (SynFlo 3.2). Después de que se transfiera el plásmido, la bacteria cambia para mostrar el nuevo plásmido.		
Paso 4: Introduzca una toxina en la bacteria vertiéndola (SynFlo 3.1) o con los cubos vecinos (SynFlo 3.2). La toxina aparece en el cubo bacteriano y si la célula bacteriana tiene el gen que detecta esa toxina, la célula cambia de color.		

Figura 4.4. SynFlo.

Fuente: Tomando y traducido de Okerlund et al. (2016, p. 143).

La versión *SynFlo* 3.1 utiliza *Sifteo Cubes* unidos a materiales reales que se utilizan en un laboratorio, como pueden ser vasos y frascos. Las interacciones que se generan en esta versión consisten en las posibilidades de imitar los pasos que normalmente realizarían los biólogos en un laboratorio. La versión 3.2 de *SynFlo* únicamente utiliza los *Sifteo Cubes*, elimina los materiales reales y se enfoca en los principios de la abstracción y modularidad.

En cualquiera de las 2 versiones de *SynFlo*, el proceso de interacción con los *Sifteo Cubes* es bastante similar, particularmente porque se hace uso de animaciones en las pantallas para ilustrar los comportamientos interactivos, brindando *feedback* sobre las acciones físicas realizadas durante cada etapa. Por ejemplo, las células representadas por los cubos están animadas, reflejan su naturaleza viviente y los cambios se producen en respuesta de acciones físicas, como lo puede ser la agitación. Los cambios que se originan por acciones como las sacudidas reflejan la progresión a lo largo del tiempo (por ejemplo, el goteo) de una forma lúdica.

La evaluación del sistema de *SynFlo* incluyó una mesa de trabajo, guías visuales y 2 colaboradores encargados de brindar apoyo, así como las instrucciones. El enfoque de la evaluación se basó en obtener información relacionada con la participación de los usuarios: tiempo de interacción, la diversión, la colaboración y el aprendizaje.

Se realizaron las pruebas para las 2 versiones de *SynFlo* por un tiempo total de las sesiones de 1.6 horas para la versión 3.1 y 2.3 horas para la versión 3.2. Todas las sesiones fueron filmadas y se aplicó un cuestionario al finalizar cada sesión para medir agrado y disfrute del sistema. Para la versión 3.1 interactuaron un total de 22 grupos de visitantes y la versión 3.2 un total de 20. Entre las 2 versiones se alcanzó a concretar un trabajo con 89 usuarios. Los grupos estaban integrados por diferente cantidad de personas de diferentes edades, tal y como se puede apreciar en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4. Tipos de grupo por condición.

	SynFlo 3.1	SynFlo 3.2
Un niño	3	2
Un niño + adulto	11	7
Dos niños	2	5
Dos niños o tres niños + adulto	3	4
Solo adultos	3	2
Grupos totales	22	20
Adultos totales	19 (edad 20+)	16 (edad 20+)
Niños totales	25 (avg edad=9.06; SD 3.25)	25 (avg edad=9.18; SD 3.58)

Fuente: Tomado y traducido de Okerlund et al. (2016, p. 145).

Los autores destacan que el uso de los *tokens* activos superó las escalas de tiempo y tamaño de la biología, y permitió a los usuarios participar de una actividad agradable con distintos puntos de acceso para la colaboración fuera de un laboratorio, lugar donde por lo general se llevan cabo actividades de este tipo. La mayoría de los grupos completaron con éxito la creación del biodiseño obteniendo una comprensión de la abstracción y modularidad que implica el biodiseño.

Finalmente, la Tabla 4.5 presenta un resumen de las características de *SynFlo*, según los criterios de evaluación planteados.

Tabla 4.5. Resumen de características de *SynFlo*.

Descripción general	País	Estados Unidos
	Nivel educativo	Inicial/Primaria/Secundaria/Superior/universitario
Interacción tangible	Actividad de aprendizaje	Expresiva
	Modalidad de interacción	Tangibles
	<i>Feedback</i>	Sobre la tarea y autorregulación
Interfaces de usuario tangible	<i>Framework MCRpd</i>	Sistema relacional y constructivo
	<i>Framework</i> basada en el grado de coherencia	Ilusión en el mismo objeto
Metodológico educativo	Actividad	Grupal/colaborativo
	Evaluación	Interacción, el disfrute, aprendizaje y la colaboración.

4.4.4. Sparse Tangibles

Sparse Tangibles (Figura 4.5) es un sistema desarrollado en Canadá y se enfoca en realizar una exploración colaborativa de redes genéticas a través de objetos activos, una *tabletop* interactiva y sensores inerciales (Arif et al., 2016). Como objetos activos se utilizan relojes inteligentes (LG G *Watches*) para favorecer la construcción de consultas tanto dentro como fuera de la *tabletop*.



Figura 4.5. *Sparse Tangibles*.

Fuente: Tomado de Arif et al. (2016, p. 190).

Las interacciones en la *tabletop* utilizan el *multi-touch*, mientras que las acciones de los objetos activos se realizan por medio de los relojes con el agregado de marcadores fiduciales de *reactIVision*⁷ en la parte de abajo. Las interacciones fuera de la mesa se realizan a través de los relojes con acciones como apilar y agitar haciendo uso de los sensores inerciales.

Los relojes LG G son dispositivos que utilizan el sistema operativo *Android Wear*, tienen una pantalla LCD, *LEDs*, *Bluetooth*, recursos de almacenamiento, memoria, y contiene sensores de movimiento y posición. Permite crear consultas apilando los tangibles activos. Los relojes fueron utilizados como un medio de control de información digital de entrada, a pesar de tener a disposición *LEDs* estos no fueron utilizados, pero se indica que a futuro se podrían utilizar para otorgar un *feedback* visual adicional a lo que se presenta en la *tabletop*.

La decisión de escoger los relojes fue principalmente por 3 razones: (i) no solo permite comunicaciones entre dispositivos por medio de navegadores, también admite a usuarios de otros dispositivos; (ii) es *multi-touch*, por tanto, permite gestos como deslizar; (iii) contiene sensores inerciales, como el acelerómetro, brújula y giroscopio lo que concedió soporte para generar acciones aéreas, por ejemplo, agitar.

⁷ *reactIVision* es un framework multiplataforma de código abierto para el desarrollo de interfaces de usuario tangible y superficies interactivas multitáctiles. Disponible en: <http://reactivision.sourceforge.net>

La evaluación del sistema fue de carácter informal. Se hizo la invitación a 3 biólogos expertos en el área, entre ellos 2 mujeres y un hombre con edades entre 28 y 30 años, y fue desarrollada una sesión de aproximadamente una hora. Los invitados interactuaron con el sistema, y debían comentar cada paso que realizaban.

Como parte de la evaluación se obtuvieron recomendación relacionadas con el diseño y la integración de mayor cantidad de información en la *tabletop*. Sin embargo, todos destacaron que el sistema es útil, fácil de usar e ideal para la colaboración (Arif et al., 2016). Finalmente, la Tabla 4.6 presenta un resumen de las características de *Sparse Tangible*.

Tabla 4.6. Resumen de características de *Sparse Tangibles*.

Descripción general	País	Canadá
	Nivel educativo	Superior/universitario
Interacción tangible	Actividad de aprendizaje	Exploratoria
	Modalidad de interacción	<i>Tabletop</i> y tangibles
	<i>Feedback</i>	Sobre la tarea
Interfaces de usuario tangible	<i>Framework MCRpd</i>	Sistema asociativo
	<i>Framework</i> basada en el grado de coherencia	Identificador
Metodológico educativo	Actividad	Grupal/competitivo
	Evaluación	Usabilidad

4.4.5. Knight's Castle

Knight's Castle (Lampe & Hinske, 2007) (ver Figura 4.6) consiste en un parque con temática de la Edad Media que contiene tecnologías de computación móviles integradas en entornos de juguetes tradicionales, tiene como objetivo enriquecer un juego de simulación para niños a través de música, efectos de sonido, comentarios verbales y diferentes formas de interacción táctil y visual. Por tanto, se pueden enseñar canciones, poemas o brindar información de la edad media. Es un sistema desarrollado en Suiza.



Figura 4.6. *Knight's Castle*

Fuente: Tomado de Lampe & Hinske (2007, p. 2).

Tanto los juguetes como los edificios operan bajo la tecnología *RFID* en una frecuencia de 13.56 MHz, y es capaz de detectar la posición de los objetos dentro del parque, integrando sensores, antenas o etiquetas con diferentes tamaños y posiciones para identificarlos de manera única y automática. Los juguetes y los edificios extienden a la realidad física y son capaces de brindar *feedback*. Por ello, se integraron módulos de vibración para brindar una respuesta táctil, *LEDs* que otorgan un *feedback* visual y diferentes tipos de sonidos.

Dos años más tarde, en el trabajo de Hinske, Lampe, Yuill, Price, & Langheinrich (2009) se presentan los principales resultados de evaluación del juego *Knight's Castle*, fundamentalmente en referencia a la diversión y narración de los cuentos, comparando ésta con una versión del juego idéntica pero no aumentada.

El estudio fue realizado a un total de 103 participantes, de ellos 55 niños y 48 niñas de una escuela primaria. En total se conformaron 39 grupos, algunos integrados por 2 o 3 participantes. Las sesiones fueron observadas y filmadas. Del mismo modo, se aplicaron entrevistas en grupos pequeños y cuestionarios.

Sin embargo, únicamente un total de 37 participantes jugaron ambos juegos. En su mayoría, los participantes indicaron ambos juegos como fantásticos, pero cuando se les pidió su preferencia un total de 21 de 37 exteriorizaron un favoritismo hacia el juego aumentado.

Se les pregunto también cuál de las 2 versiones elegirían si se les brindaba más tiempo para volver a jugar, y un total de 27 sobre 37 seleccionaron la versión aumentada. Asimismo, 36 de 37 indicaron que les gustaba tener música de fondo acorde al escenario planteado. Por otra parte, se les consultó a los que jugaron únicamente la versión aumentada del juego, y 32 de 33 indicaron que les gusta más esta forma de jugar que los tradicionales juegos de video o computadora. Finalmente, la Tabla 4.7 presenta un resumen de las características de *Knight's Castle*.

Tabla 4.7. Resumen de características de *Knight's Castle*.

Descripción general	País	Suiza
	Nivel educativo	Primario
Interacción tangible	Actividad de aprendizaje	Expresiva
	Modalidad de interacción	Tangibles
	<i>Feedback</i>	Sobre la tarea y autorregulación
Interfaces de usuario tangible	<i>Framework</i> MCRpd	Sistema relacional
	<i>Framework</i> basada en el grado de coherencia	Ilusión en el mismo objeto
Metodológico educativo	Actividad	Individuales y grupales
	Evaluación	Usabilidad

4.4.6. Multimodal Mixer

Multimodal Mixer (ver Figura 4.7) es un juguete interactivo que consiste en un objeto activo para ser utilizado en juegos abiertos y que reacciona al comportamiento físico con múltiples modalidades de salida (Hopma et al., 2009). Está diseñado para niños entre los 8 y 12 años, y su objetivo se vincula con permitir a los usuarios una exploración y aprendizaje creando sus propias reglas de juego, proporcionando salida multimodal. Fue desarrollado en Países Bajos.



Figura 4.7. *Multimodal Mixer*

Fuente: tomado de Hopma et al. (2009, p. 81).

El juguete diseñado tiene para valores de entrada un sensor de aceleración para detectar el balanceo o la agitación, y un sensor de infrarrojos para detectar señales. También, contiene una placa *Arduino Diecimila* para la programación del *software*. Además, presenta 3 modalidades diferentes de salida; (i) un *feedback* visual a partir de *LEDs RGB*, (ii) auditiva con la incorporación de un altavoz y (iii) táctil con la integración de un motor de vibración.

El objetivo de la evaluación era conocer el impacto de múltiples modalidades de salida en un juego abierto con juguetes interactivos, centrándose en la experiencia y creatividad de los niños. Por tanto, el juguete *Multimodal Mixer* fue comparado con una variante unimodal (por ejemplo, luz) para mostrar como las modalidades afectan la cantidad de juegos jugados, la diversidad de juegos y la forma en que se utiliza el juguete.

Para la evaluación se organizaron 10 grupos de entre 3 o 4 participantes, con un total de 37, los cuales 16 fueron niños y 21 niñas de entre los 8 y 12 años. Además, el juego fue utilizado tanto en una escuela primaria como en una guardería. Al ser comparado *Multimodal Mixer* con una variante unimodal, se asignó 5 grupos para cada condición.

Todas las sesiones tuvieron un tiempo de 5 minutos de exploración y posteriormente 30 minutos para jugar con los juguetes. Las instrucciones brindadas por parte de los encargados se basaron en explicar a los niños que debían crear un juego, así como las posibilidades de interacción para garantizar la comprensión. Todas las sesiones fueron observadas, filmadas y se aplicó un cuestionario para analizar la experiencia del juego.

Entre los principales resultados se encontró que el *Multimodal Mixer* motivó a los niños a utilizar las acciones de sacudir o hacer rodar el juguete para enviar señales a otro *Multimodal Mixer*. Crearon múltiples juegos y utilizaron a los juguetes con diferentes roles en cada uno de ellos. Además, el juguete ayudó a los participantes a estar físicamente activos y estimular la actividad social. Los niños desarrollaron su juego de forma grupal, ya que el hecho de que los mezcladores se pudieran comunicar provocó que los niños jugaran juntos. Finalmente, la Tabla 4.8 presenta un resumen de las características de *Multimodal Mixer*.

Tabla 4.8. Resumen de características de *Multimodal Mixer*.

Descripción general	País	Países bajos
	Nivel educativo	Primario
Interacción tangible	Actividad de aprendizaje	Expresiva
	Modalidad de interacción	Tangibles
	<i>Feedback</i>	Sobre la tarea y autorregulación
Interfaces de usuario tangible	<i>Framework MCRpd</i>	Sistema relacional
	<i>Framework</i> basada en el grado de coherencia	Ilusión en el mismo objeto
Metodológico educativo	Actividad	Individuales y grupales
	Evaluación	Procesos de interacción

4.4.7. TAOs

TAOs (Tangible Active Objects) (Riedenklau et al., 2010) es un proyecto desarrollado en Alemania, el cual combina objetos activos tangibles con el uso de sonidos y permite a las personas con discapacidad visual explorar datos multivariantes, a través de diagramas de dispersión. Por tanto, *TAOs* (ver Figura 4.8) se encarga de convertir o traducir la experiencia visual de los diagramas de dispersión en un dominio basado en audio y manifestaciones hápticas.



Figura 4.8. TAOs

Fuente: tomado de Riedenklau, Hermann, & Ritter (2010, p. 1).

El proceso de interacción presentado para la exploración de los diagramas de dispersión consiste en que cada TAO se convierte en un anclaje de los datos. Particularmente, se realiza una cuantificación vectorial utilizando, por ejemplo, el algoritmo k-medias, así los TAO se mueven de forma autónoma sobre la mesa, y es aquí donde los usuarios pueden explorar cómo se organizan los datos. Además, si se mueve un TAO este provee un sonido que expone características de la distribución de los datos.

Los TAOs están contruidos a partir de diferentes placas de circuitos, utilizan principalmente un *Arduino pro mini*, conductores, baterías y un módulo de comunicación inalámbrica. Contienen un módulo de accionamiento que permite activar los motores para realizar los movimientos y trasladarlos hasta el lugar que se indique. Finalmente, se presenta un marcador fiducial que brinda al sistema la ubicación y posición de los TAOs sobre la *tabletop*.

La evaluación se llevó a cabo a través de un estudio cualitativo y cuantitativo. Para ello, 9 usuarios participaron en el estudio, se realizaron 13 sesiones de las cuales solamente un usuario participó en 3 sesiones, 2 usuarios en 2 sesiones y los demás participaron una única vez. Las edades de los participantes comprendieron edades entre los 24 a los 67 años.

Entre los principales resultados se encontró que un 77% de las sesiones tuvieron éxito. El 67% de los usuarios pudieron reconocer de forma exitosa el conjunto de datos explorados. Además, se les aplicó un cuestionario donde todos indicaron que pueden trabajar con el sistema, indicando que fue divertido y que era fácil captar los TAO sin verlos.

Finalmente, la Tabla 4.9 presenta un resumen de las características de esta experiencia con TAOs.

Tabla 4.9. Resumen de características de TAOs.

Descripción general	País	Alemania
	Nivel educativo	Educación especial
Interacción tangible	Actividad de aprendizaje	Exploratoria
	Modalidad de interacción	Tangibles
	<i>Feedback</i>	Sobre la tarea
Interfaces de usuario tangible	<i>Framework MCRpd</i>	Sistema espacial
	<i>Framework</i> basada en el grado de coherencia	Identificador
Metodológico educativo	Actividad	Individual
	Evaluación	Estudio cualitativo y cuantitativo sobre la utilidad de la aplicación.

4.4.8. Tangible Bots

Tangible Bots (Pedersen & Hornbæk, 2011) es un proyecto de técnicas de interacción para *tabletops* desarrollado en Dinamarca.

Este proyecto comprende tangibles activos que son llamados *Tangible Bots* (ver Figura 4.9) y que permiten reflejar cambios de los modelos digitales. Por tanto, el principal objetivo del proyecto consiste en proporcionar un conjunto de técnicas de interacción para interfaces bidireccionales a través de tangibles activos.

Las técnicas de interacción propuestas se encuentran divididas en 4 categorías: (i) *feedback* de interacción, (ii) comandos de interacción, (iii) interacciones grupales e (iv) interacciones basadas en modelos.



Figura 4.9. *Tangible Bots*.

Fuente: tomado de Pedersen & Hornbæk (2011, p. 2979).

Los *Tangible Bots* toman como base de hardware a *Pololu 3pi Robots*⁸, dispositivos equipados con un microcontrolador, motores de movimiento, baterías y módulo de comunicación inalámbrica. Además, permiten reflejar los cambios que se generan en el modelo digital y brindar a los usuarios un *feedback* háptico, corrección de errores y control *multi-touch*.

Como parte de la evaluación se realizaron 2 estudios. El primero de ellos basado en la usabilidad y el segundo en la utilidad. Para el primer estudio se trabajó con un total de 16 personas y buscaba investigar cómo los tangibles activos afectan la velocidad y la precisión de la interacción para determinar cuántos tangibles activos se necesitan para que las técnicas de interacción fuesen ventajosas.

⁸ <https://www.pololu.com/product/975>

Entre los principales resultados encontrados, se determinó que los *Tangibles Bots* se pueden utilizar para la manipulación de grano fino, ya que permite realizar movimientos giratorios en orientaciones particulares. En cambio, para movimientos gruesos, los *Tangible Bots* sólo son útiles cuando varios objetos tangibles son controlados al mismo tiempo.

Para el segundo estudio, se analizó cómo las técnicas de IT ayudan o apoyan a usuarios expertos. Para ello, se reclutaron 7 músicos electrónicos para evaluar una versión de *MixiTUI*, un secuenciador tangible para muestras de sonido y música editada (Pedersen & Hornbæk, 2009).

Entre los principales resultados se identificó que todos los músicos encontraron los *feedback* hápticos útiles y sintieron que los ayudó a evitar llevar a los tangibles por debajo de su valor mínimo o máximo de configuración. Además, entre los comentarios, indicaron que los *feedback* hápticos brindaron la sensación de un control físico a lo tangible, así como de tener un par de manos adicionales. Finalmente, 2 músicos compararon la curva de aprendizaje entre tangibles activos e instrumentos de música tradicional, mencionando que los tangibles activos les permiten crear actuaciones musicales más complejas y variadas.

En conclusión, la Tabla 4.10 presenta un resumen de las características de *Tangible Bots*.

Tabla 4.10. Resumen de características de *Tangible Bots*.

Descripción general	País	Dinamarca
	Nivel educativo	Superior/universitario
Interacción tangible	Actividad de aprendizaje	Exploratoria
	Modalidad de interacción	<i>Tabletop</i> y tangibles
	<i>Feedback</i>	Sobre la tarea
Interfaces de usuario tangible	<i>Framework MCRpd</i>	Sistema espacial
	<i>Framework</i> basada en el grado de coherencia	identificador
Metodológico educativo	Actividad	Grupal/colaborativo
	Evaluación	Usabilidad y utilidad

4.4.9. Active Pathways

Active Pathways (Mehta et al., 2016) es un sistema tangible desarrollado en Canadá, compuesto por una *tabletop* y objetos activos que facilita el descubrimiento colaborativo y el aprendizaje en el modelado de procesos bioquímicos.

El sistema *Active Pathways* permite a los usuarios (estudiantes novatos e investigadores expertos) la construcción y manipulación de modelos que generen propiedades espaciales y dinámicas a problemas científicos abstractos en el área de Bioquímica. Además, permite

crear, editar, manipular, simular el modelo y compararlo con resultados experimentales del mundo real (Mehta et al., 2016).

Un punto importante de *Active Pathways* (ver Figura 4.10) reside en los objetos activos (cubos de *Sitfeo*), debido a que son eje central del sistema. No solo funcionan como control para la manipulación de los datos que se visualizan en la *tabletop*, sino que se pueden convertir en componentes físicos del sistema dinámico que adquieren propiedades cambiantes a través del tiempo. Un ejemplo de ello son las moléculas y reacciones.



Figura 4.10. *Active Pathways*

Fuente: Tomado de Mehta et al. (2016, p. 131).

Como parte del proceso de evaluación asistieron 14 participantes de la comunidad universitaria, 12 de ellos con edades entre 18 y 24 años, y otros 2 entre 25 y 39 años. 10 de los participantes eran hombres y 4 mujeres. Cada uno de los participantes tenían experiencia en modelado, pero nunca habían utilizado una *tabletop*.

En primer lugar, se aplicó una entrevista semiestructurada con la finalidad de conocer los conocimientos previos de cada participante. Se brindaron instrucciones de cómo utilizar el sistema a través de una demostración. Seguidamente, se conformaron parejas y cada una de ellas participó en la sesión. Al terminar cada sesión, se empleó un cuestionario de utilidad y factibilidad a cada participante.

Los resultados de la evaluación del sistema sugieren que es fácil de utilizar y aprender, y en cuanto a la utilidad, se indicó que principalmente proporciona la comprensión de sistemas complejos y la colaboración.

La Tabla 4.11 presenta un resumen del análisis de los criterios planteados en la sección 4.3.1 en relación con *Active Pathways*.

Tabla 4.11. Resumen de características de Active Pathways.

Descripción general	País	Canadá
	Nivel educativo	Superior/universitario
Interacción tangible	Actividad de aprendizaje	Exploratoria
	Modalidad de interacción	Tabletop y tangibles
	Feedback	Sobre la tarea
Interfaces de usuario tangible	Framework MCRpd	Sistema relacional y constructivo
	Framework basada en el grado de coherencia	Identificador
Metodológico educativo	Actividad	Grupal/colaborativo
	Evaluación	Utilidad y factibilidad

4.4.10. MagicBuns

MagicBuns (van Huysduynen et al., 2016) es un trabajo cuyo objetivo consiste en examinar el apoyo de diferentes modalidades de *feedback*, a través de diferentes comportamientos y formas de juego en distintas etapas de desarrollo de los niños. Fue desarrollado en Países Bajos. A partir de las combinaciones de *feedback* se busca analizar cómo estas influyen en las oportunidades de juego para los niños. Para ello, se diseñó *MagicBuns* (ver Figura 4.11) y está enfocado en combinar características de objetos de juegos tradicionales con tecnología moderna.



Figura 4.11. MagicBuns.

Fuente: Tomado de van Huysduynen et al. (2016, p. 264).

Los objetos están contruidos a partir de piezas de madera y plástico, cada uno de ellos contiene 9 *LEDs RGB*, un acelerómetro, 8 luces infrarrojas, 2 receptores infrarrojos, un altavoz, un motor de vibración, una batería y un chip de *Arduino*.

MagicBuns incluye 3 modalidades de *feedback*, luz, sonido y vibración. Los *MagicBuns* toman como medios de entrada la interacción que tengan los niños con el objeto tangible: rodar o sacudir. A partir de esas interacciones los objetos otorgan *feedback*. También, los objetos tienen la posibilidad de comunicarse entre sí mediante dispositivos de comunicación infrarroja.

El diseño de *MagicBuns* está pensado para que los niños puedan transportar y correr fácilmente con los objetos, pero también brindan la posibilidad de generar juegos constructivos.

Como parte de la evaluación se realizó un estudio exploratorio que consistía examinar en términos de juego las combinaciones entre 3 modalidades de *feedback*; (i) luces de colores y sonido, (ii) luces de colores y vibración, y (iii) sonido y vibración. Se emplearon grabaciones de audio y video para registrar las sesiones.

Se tuvo una participación de un total de 80 niños y niñas, de los cuales 36 tenían edades entre los 4 y 6 años, y 44 entre 10 y 12 años. El total participó del juego en 3 ocasiones, en grupos entre 3 y 5 partícipes con al menos un día de diferencia.

Entre los principales resultados se encontró que los niños crearon un total de 34 juegos, entre ellos 21 en torno al *feedback*. Los comportamientos del juego fueron más de asociación. Las formas de juego y el *feedback* proveído por los *MagicBuns* indicaron que los participantes de menor edad desarrollaran juegos más físicos, mientras que los de mayor edad incluían elementos más sociales, juegos menos físicos y con reglas inventadas, y más cooperativos.

Además, se determinó que 2 de las combinaciones de modalidades de *feedback* empleadas provocaron una mayor atención en los participantes, principalmente porque contenía luces de colores. Mientras que en la tercera combinación de modalidad compuesta por vibración y sonido los participantes se sentían menos atraídos, dificultando las interacciones debido a que se requería un mayor esfuerzo en la exploración antes de desarrollar alguna actividad.

En conclusión, la Tabla 4.12 presenta un resumen del análisis de los criterios planteados en la sección 4.3.1 en relación con *MagicBuns*.

Tabla 4.12. Resumen de características de MagicBuns.

Descripción general	País	Países Bajos
	Nivel educativo	Primario
Interacción tangible	Actividad de aprendizaje	Expresiva
	Modalidad de interacción	Tangibles
	<i>Feedback</i>	Sobre la tarea y autorregulación
Interfaces de usuario tangible	<i>Framework MCRpd</i>	Sistema relacional
	<i>Framework</i> basada en el grado de coherencia	Ilusión en el mismo objeto
Metodológico educativo	Actividad	Grupal/colaborativo
	Evaluación	Utilidad y factibilidad

4.5. Aplicación de los criterios de evaluación

En esta sección se presenta la aplicación de los criterios de evaluación para tener un análisis más general y macro de los antecedentes de actividades educativas basadas en IT seleccionados y descritos previamente en la sección 4.4. Para una mejor comprensión del análisis, se establecieron subsecciones acordes a las categorías donde se agrupa cada uno de los criterios.

4.5.1. Descripciones generales

A continuación, en la Figura 4.12, se presenta la aplicación del criterio **país de investigación**, con el objetivo de identificar los países que han desarrollado actividades educativas basadas en IT con objetos activos.

Como se puede observar en la Figura 4.12, de acuerdo con las 10 actividades analizadas existe variedad en los países que han desarrollado proyectos en donde se incluyen objetos activos. Sin embargo, la mayoría de los trabajos estudiados se llevaron a cabo en países europeos. Mientras que únicamente en el continente americano, se encontraron experiencias en Estados Unidos y Canadá.

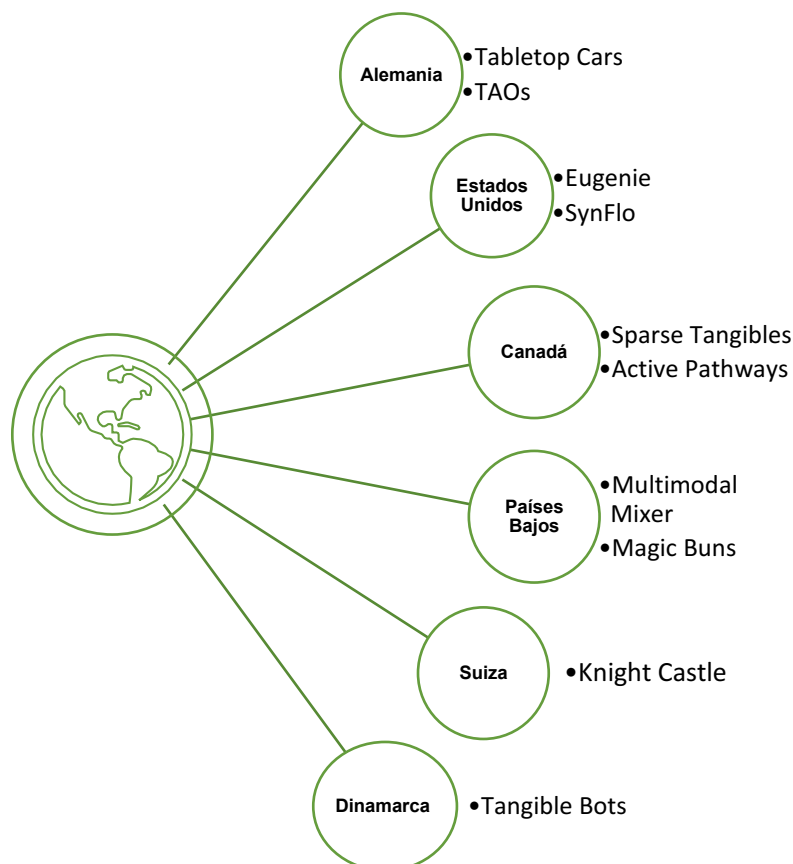


Figura 4.12. Investigaciones por país.

La aplicación del criterio **nivel educativo** se presenta en la Figura 4.13. El enfoque de este criterio está basado en obtener una referencia sobre los niveles educativos al que se orientan las experiencias revisadas, también se analiza si las actividades educativas son aplicadas a distintas poblaciones, o si han sido desarrolladas específicamente para cubrir una población determinada.

Ed. Especial	Inicial	Primario	Secundario	Superior/ universitario
<ul style="list-style-type: none"> •TAOs 	<ul style="list-style-type: none"> •SynFlo 	<ul style="list-style-type: none"> •SynFlo •Knight`s Castle •Multimodal Mixer •Magic Buns 	<ul style="list-style-type: none"> •SynFlo 	<ul style="list-style-type: none"> •SynFlo •Tabletop Cars •Eugenie •Sparse Tangible •Active Pathways •Tangible Bots

Figura 4.13. Investigaciones por nivel educativo

El **nivel educativo** superior/universitario, ha sido el foco de 6 de las experiencias analizadas. Puede considerarse como el principal público meta para el desarrollo de actividades educativas basadas en IT con objetos activos, y en una segunda instancia el nivel primario. Además, *SynFlo* es el único antecedente estudiado que fue pensado y desarrollado para ser utilizado en distintos niveles educativos (inicial, primario, secundario y superior/universitario).

4.5.2. Interacción tangible

En la Figura 4.14 se realiza el análisis del criterio de **actividad de aprendizaje**, donde se consideran 2 tipos de actividades de aprendizaje (exploratoria y expresiva).

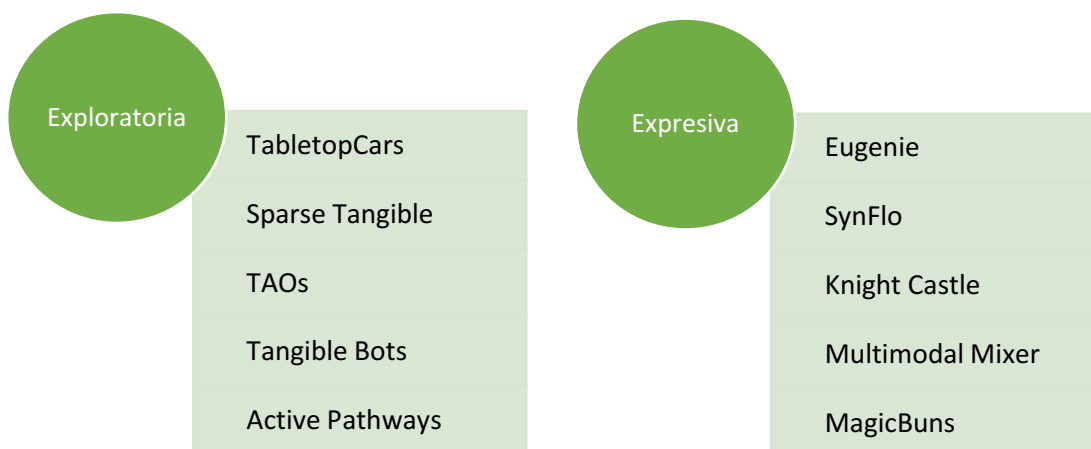


Figura 4.14. Tipos de actividad de aprendizaje.

Del criterio **actividad de aprendizaje** se observa que existe una paridad en el desarrollo de actividades educativas basadas en IT. Por tanto, de las 10 actividades analizadas 5 tienen un enfoque exploratorio y 5 comprenden actividades expresivas.

En 5 de las actividades de tipo exploratorio el alumno se encarga de examinar una representación de un dominio ya existente, que es planificado por el docente o experto. Mientras que el restante, son representaciones expresivas, donde los objetos ayudan a los alumnos a concretar sus propias ideas (biodiseño en *Eugenie* y *SynFlo*, cuentos en *Knight's Castle*, y juegos en *Multimodal Mixer* y *MagicBuns*).

La aplicación del criterio **modalidad de interacción** identifica las modalidades de interacción seleccionadas por los investigadores para el desarrollo de las actividades. Observa si las actividades son unimodales o por el contrario son actividades donde se hace uso de diferentes tipos de modalidades de interacción.

De acuerdo con la Figura 4.15, todas las actividades contienen tangibles activos. Sin embargo, en 5 oportunidades las actividades fueron unimodales, usando sólo tangibles como modalidad de interacción, siendo estos *Knight Castle*, *MagicBuns*, *Multimodal Mixer*, *TAOs* y *SynFlo*. Mientras que los 5 restantes utilizaron al menos 2 tipos de modalidades, combinando principalmente los tangibles activos con *tabletops*.

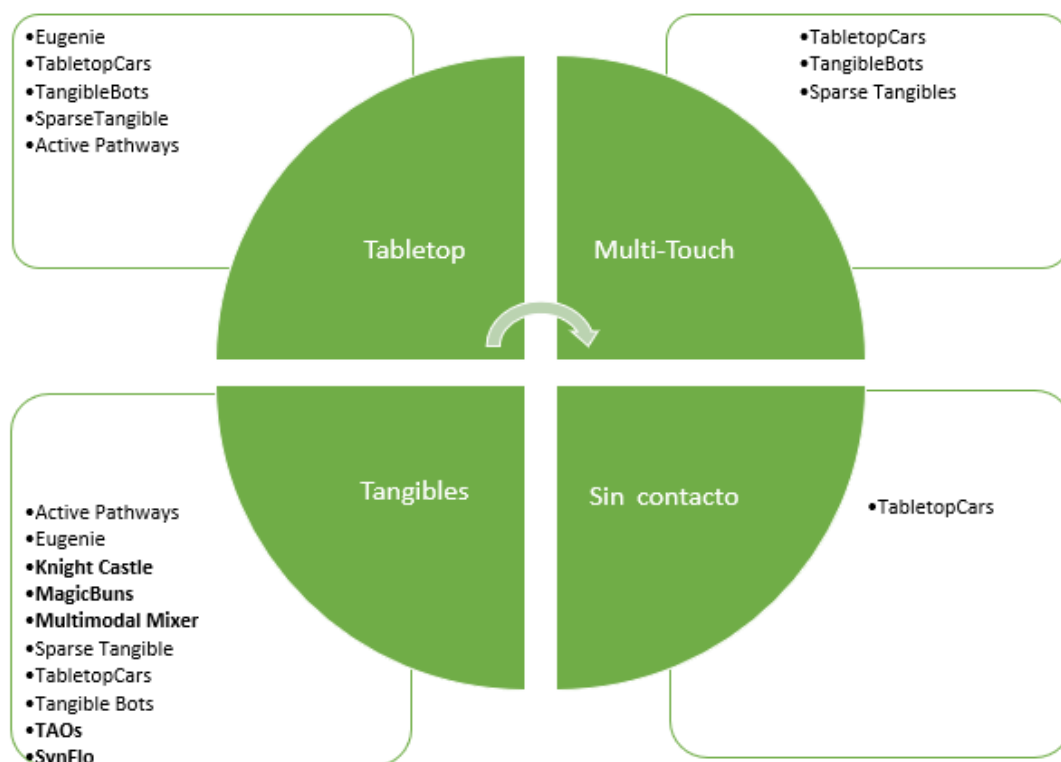


Figura 4.15. Modalidades de interacción.

De las 5 actividades que utilizaron al menos 2 tipos de modalidades (tangibles y *tabletop*): en 3 de ellas las *tabletop* eran *multi-touch* (*TabletopCars*, *TangibleBots* y *Sparse Tangibles*). Solo en una oportunidad (*TabletopCars*) se hizo uso de 4 modalidades (tangibles, *tabletop*, *multi-touch* y sin contacto).

Al analizar el criterio **tipos de *feedback*** se observa que los antecedentes estudiados brindan sólo 2 tipos de *feedback*: sobre la tarea y la autorregulación. En el *feedback* sobre la tarea los estudiantes únicamente reciben por parte del juego mensajes de cualquier índole revelando si las respuestas que brindó son correctas o incorrectas, por parte del *feedback* de autorregulación se incita a los estudiantes a buscar información extra y reflexionar sobre las acciones realizadas. Por tanto, en la Figura 4.16 se clasifican los antecedentes de acuerdo con el tipo de *feedback* que integra cada una de las actividades.

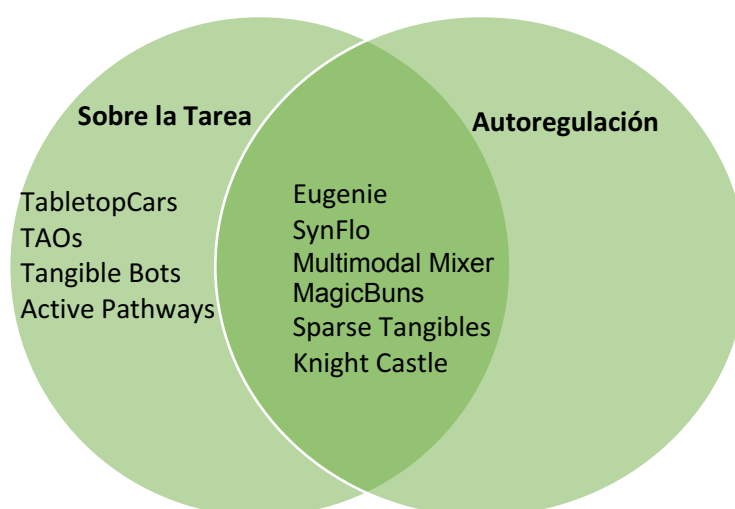


Figura 4.16. Criterio tipos de *feedback*.

De acuerdo con Van Seters et al. (2012) el *feedback* llamado *sobre la tarea* es el que más se utiliza, debido a que indica al estudiante si las acciones realizadas son correctas o incorrectas. Las actividades estudiadas entran en esta categoría. Todas las actividades presentan *feedback* sobre la tarea de distintas modalidades, ya sea mediante texto, sonidos, luces y/o vibraciones. El particular, en 4 ocasiones se utilizó texto o animaciones a través de *display*, en 5 sonidos, en 4 luces y 5 un *feedback* háptico (ver Tabla 4.13).

Tabla 4.13. Cantidad de tipos de *feedback* por antecedente.

Antecedente	Texto y/o animación	Sonidos	Luces	Háptico
TabletopCars		X		
Eugenie	X			
SynFlo	X			
Sparse Tangibles	X		X	
Knight's Castle		X	X	X

Antecedente	Texto y/o animación	Sonidos	Luces	Háptico
Multimodal Mixer		X	X	X
TAOs		X		X
Tangible Bots				X
Active Pathways	X			
MagicBuns		X	X	X

Es interesante resaltar que se encontró en Van Huysduynen et al. (2016) un estudio específico sobre la atención acorde a estos tipos de *feedback*, demostrando que las combinaciones de *feedback* que incluían luces generaban mayor atención y exploración de los usuarios que cuando solo se utilizaban sonidos y vibraciones.

Además, 6 de los 10 antecedentes (*Eugenie*, *SynFlo*, *Multimodal Mixer*, *MagicBuns*, *Sparse Tangibles* y *Knight's Castle*) agregan un tipo de *feedback* de autorregulación en conjunto con el *feedback* sobre la tarea. Esta retroalimentación se concreta a partir de acciones en donde se sugiere cierta información, y en algunos casos, qué estrategias utilizar.

4.5.3. Interfaces de usuario tangible

La aplicación del criterio **Framework MCRpd** elaborado por Ullmer & Ishii (2000), clasifica el rol de las representaciones físicas como control de la información digital. En la Figura 4.17 se presenta la clasificación de los antecedentes, de acuerdo con las distintas instancias de interfaces de usuarios tangibles, en donde se presentan objetos físicos como controladores de información digital.

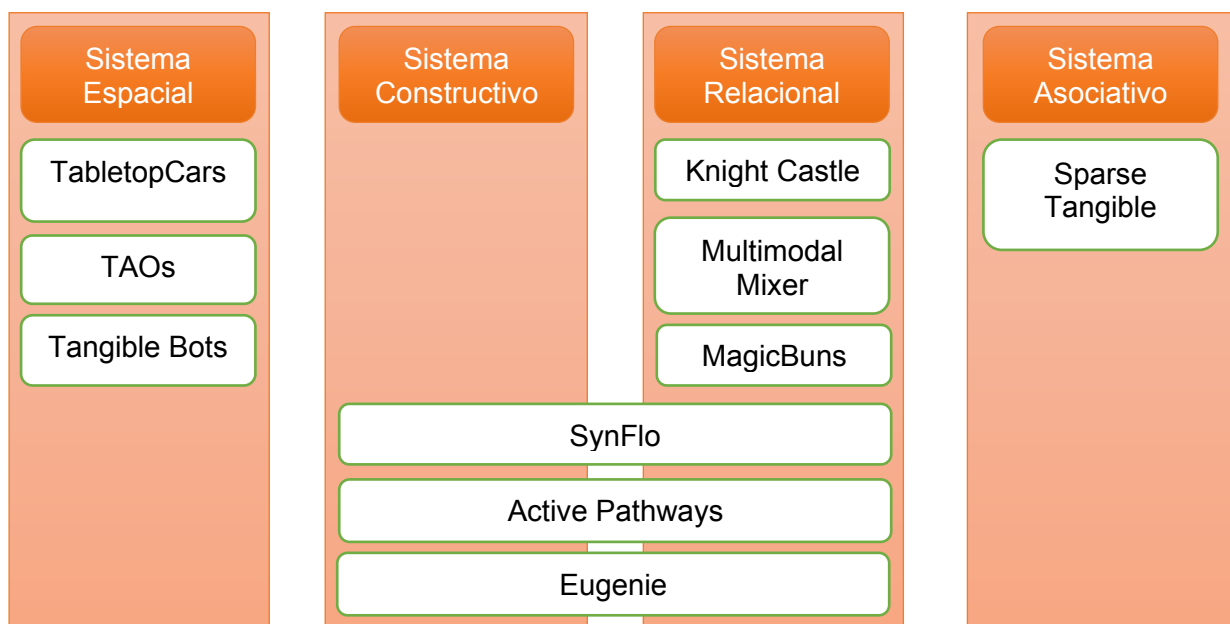


Figura 4.17. Aplicación del criterio Framework MCRpd.

En la primera columna de la Figura 4.17 se muestran las interfaces tangibles que presentan posiciones espaciales de diversos objetos físicos dentro de un mismo marco de referencia. En *TabletopCars*, *TAOs* y *Tangible Bots* los tangibles activos se manipulan para generar interacciones de la información digital.

La segunda columna de sistemas constructivos corresponde a las interfaces tangibles donde se desarrollan artefactos modulares, sin embargo, dentro de los antecedentes analizados no se encontró ninguna que cumpla solo con esas características.

La tercera columna contiene los sistemas de enfoques relacionales, donde existen relaciones entre los sistemas de diversos tangibles, que son proporcionadas computacionalmente. Por tanto, de acuerdo con estas características, de los antecedentes estudiados únicamente *Knight Castle*, *Multimodal Mixer* y *MagicBuns* forman parte de este tipo de diseño. No obstante, *SynFlo*, *Active Pathways* y *Eugenie*, además de brindar un enfoque relacional permite expresarse de forma constructiva, ya sea apilando, uniendo o incrustando los objetos.

Finalmente, como sistema asociativo se encuentra *Sparse Tangibles*, este asocia los tangibles activos con información digital con una *tabletop*, no entre tangibles. De esta forma, a medida que los tangibles se mueven por la superficie de la *tabletop*, estos siguen asociados e ilustran gráficos y tablas. Cuando los tangibles se separan de la superficie de la *tabletop*, los gráficos desaparecen.

Por otra parte, la aplicación del criterio **Framework basado en el grado de coherencia** al igual que el criterio *Framework MCRpd* está dirigida en analizar las interfaces tangibles considerando las diferentes formas en que se pueden acoplar los objetos físicos y digitales. En particular, en el grado de coherencia pone el foco en el tipo de alcance entre los objetos físicos y digitales, considerando como estos podrían ser acopladas computacionalmente. Es decir, busca clasificar las TUIs con respecto al grado en que los objetos físicos y digitales se ven como un mismo objeto que existe tanto en el dominio físico como en el digital, o si se ven como objetos separados que se interconectan de forma temporal.

La Figura 4.18 muestra la clasificación de los antecedentes estudiados de acuerdo con las categorías preestablecidas por Koleva et al. (2003). De acuerdo con lo analizado, se indica que se encontraron en las experiencias 2 formas de relación entre objetos físicos y digitales: la basada en identificador e ilusión de ser el mismo objeto.

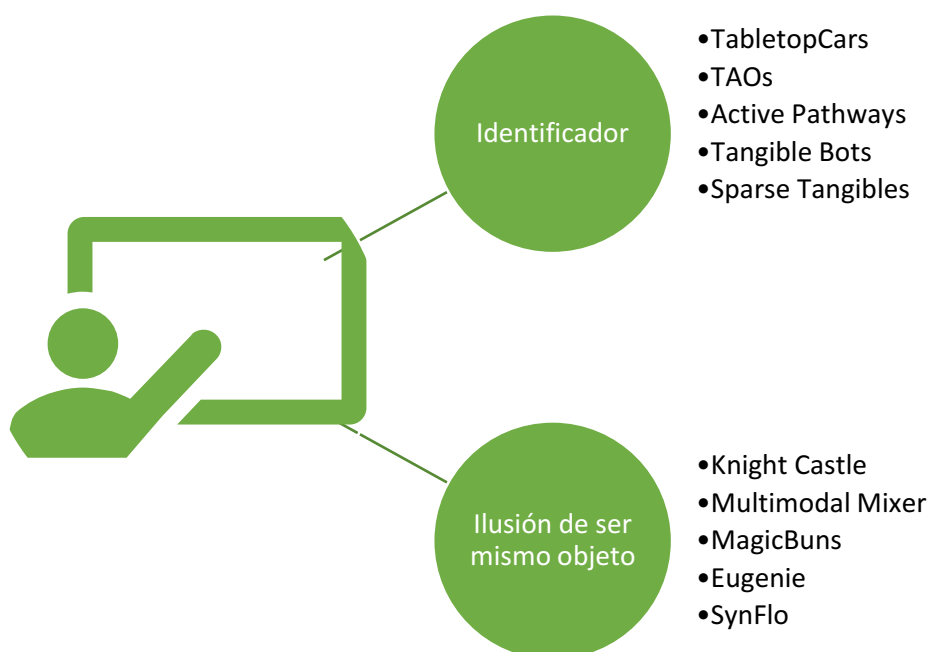


Figura 4.18. Aplicación del criterio Framework basado en el grado de coherencia.

El criterio identificador corresponde a la presentación de objetos físicos que forman parte de la interfaz, y para ello se utiliza un identificador o marcador, por ejemplo, un marcador fiducial, que se encarga de llevar a cabo la interacción. Este marcador se identifica a través de una librería de captura específica como es el caso de *reactIVision*. *TabletopCars*, *TAOs*, *Active Pathways*, *Tangible Bots* y *Sparse tangibles* pertenecen a este criterio, ya que todos utilizan marcadores para presentar y aumentar información digital. Luego, se pueden establecer diferencias en las experiencias estudiadas basadas en: el alcance de la interacción, si el vínculo es permanente, si la información es fija o puede ser transformada, incluso si existe autonomía o dependencia entre los objetos físicos y digitales.

También, como segunda categoría se ha identificado la **ilusión de ser el mismo objeto**, que se da cuando se acoplan objetos físicos y digitales, y se genera la ilusión de ser sólo uno, como ocurre en *Knight Castle*, *Multimodal Mixer*, *MagicBuns*, *Eugenie* y *SynFlo*, donde la mayor parte de la interacción está centrada en los objetos físicos que representan lo mismo en el mundo digital y en el mundo físico.

4.5.4. Metodológico educativo

La aplicación del criterio **tipo de actividad educativa** busca identificar la dinámica de trabajo y el enfoque de aprendizaje empleado. El análisis demuestra que en 7 de los 10 de los antecedentes estudiados contienen actividades grupales y colaborativas (ver Figura 4.19). Mientras que solo en un caso se observa una actividad grupal y competitiva (*TabletopCars*).

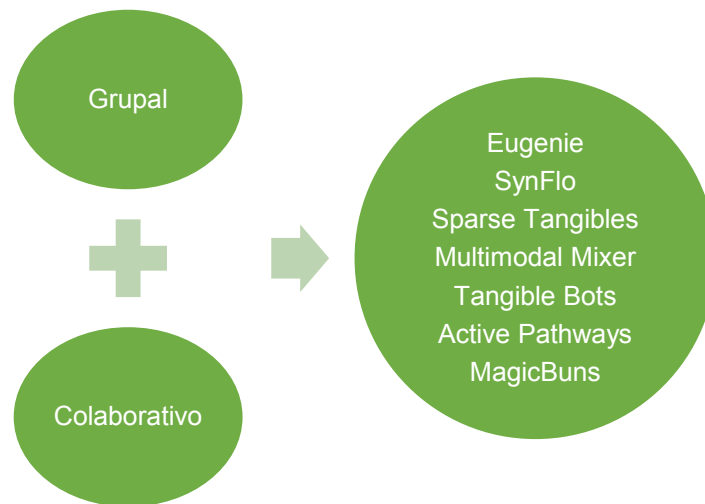


Figura 4.19. Aplicación del criterio tipo de actividad educativa.

En el antecedente *Knight Castle* se presentan actividades tanto grupales como individuales, debido a la configuración y las modalidades del entorno creado para llevar a cabo los procesos de interacción y la dinámica del juego. Finalmente, solo en una ocasión se identificó un antecedente donde la actividad presenta una dinámica individual (TAOs).

La aplicación del criterio de **evaluación** evidenció que todos los antecedentes estudiados presentan una evaluación de las actividades. Algunas de las evaluaciones fueron formales y otras no, y se utilizaron distintas técnicas y enfoques. Entre las técnicas utilizadas se identificaron: la observación, filmación, cuestionarios, entrevistas, encuestas y comentarios. El foco de evaluación fue la usabilidad, la utilidad, la experiencia de usuario y en algunos casos las modalidades de interacción. También, algunas evaluaciones se realizaron con usuarios finales, mientras que en 2 oportunidades (*Sparse Tangibles* y *Tangible Bots*) con usuarios expertos.

Es importante mencionar que no se identificó una evaluación enfocada únicamente en el aporte de los objetos activos. La mayoría buscaba evaluar aspectos de la interacción como un todo, principalmente ver comportamientos del diseño de los escenarios y del juego, y no en cómo la incorporación de objetos activos aporta al desarrollo de las actividades educativas. En un caso (*Multimodal Mixer*), se analizó el tipo de *feedback* en los objetos y este antecedente resulta de especial interés para este trabajo.

4.6. Síntesis del análisis de criterios

Los 10 antecedentes de actividades educativas basadas en IT seleccionados fueron evaluados de acuerdo con diferentes criterios, agrupados en 4 categorías (descripciones generales, IT, interfaces de usuarios tangible y metodológica educativa), que permiten revisar los diferentes enfoques y propuestas.

La categoría de **descripciones generales** permite observar que hay casos estudiados en todos los niveles educativos, pero la mayoría se concentró en el superior/universitario.

Por otra parte, en la categoría de **interacción tangible** se analizan varios aspectos importantes, en cuanto al criterio de los tipos de actividad de aprendizaje, existe una paridad entre los antecedentes de tipo exploratorio y los expresivos, sin embargo, existe una particularidad y ésta radica en que 4 de 5 actividades de tipo expresiva se abordaron en el nivel educativo primario (ver Figura 4.20) y las actividades exploratorias en su mayoría fueron destinadas al nivel educativo superior/universitario.

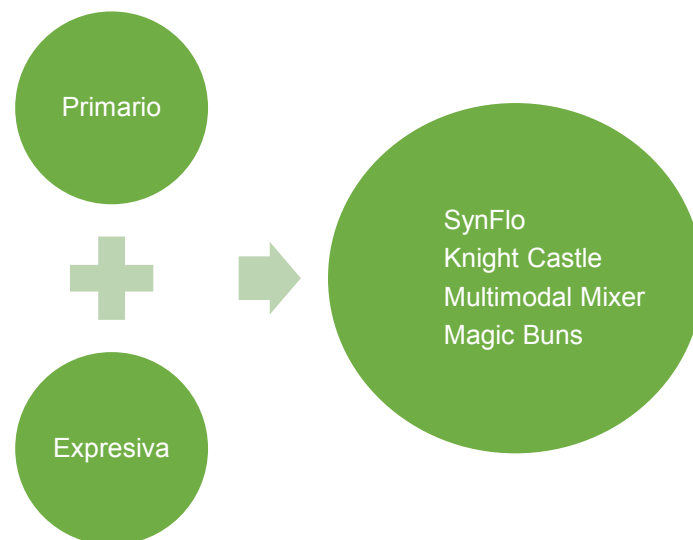


Figura 4.20. Relación entre nivel educativo y actividad de aprendizaje.

Otro de los aspectos importantes de la categoría IT está en el criterio de tipos de *feedback*, en donde todos los antecedentes brindan un *feedback* sobre la tarea, haciendo uso diferentes modalidades como lo son luces, sonidos y vibraciones.

Asimismo, de acuerdo con Hattie & Timperley (2010) el *feedback* sobre la tarea permite que los participantes reconozcan sus errores, esto puede llevarlos a indagar nuevas respuestas y estrategias para completar tareas, y por tanto promover en algún modo hacer uso de sus propias competencias de autorregulación.

Además, todos los antecedentes con el tipo de actividad expresiva poseen un *feedback* de autorregulación (ver Figura 4.21). Esto indica que aquellos casos en donde los estudiantes tienen la posibilidad de generar representaciones para ciertos dominios, a partir de sus propias ideas, presentan modalidades que permiten monitorear, dirigir y regular las acciones hacia la meta de aprendizaje. Por ejemplo, en *MagicBuns* a través de alguna de las modalidades de *feedback*, como los cambios de color, se intenta persuadir a los estudiantes a explorar nuevas posibilidades.



Figura 4.21. Relación entre tipo de actividad educativa y feedback.

Con la información recolectada en la categoría **interfaces de usuario tangible**, el resultado más destacado corresponde al criterio *framework* basado en el grado de coherencia, que se encarga de comprender las diferentes formas en que los objetos físicos y digitales se pueden acoplar.

El análisis del criterio determinó la existencia de 2 clasificaciones, aquellos que han basado su proceso de interacción en los identificadores y los que hacen ilusión de ser el mismo objeto. En particular, se pudo observar que todos aquellos antecedentes estudiados que hacen ilusión de ser el mismo objeto son, en general, actividades de tipo expresivas y que presentaron un *feedback* de autorregulación (ver Figura 4.22).

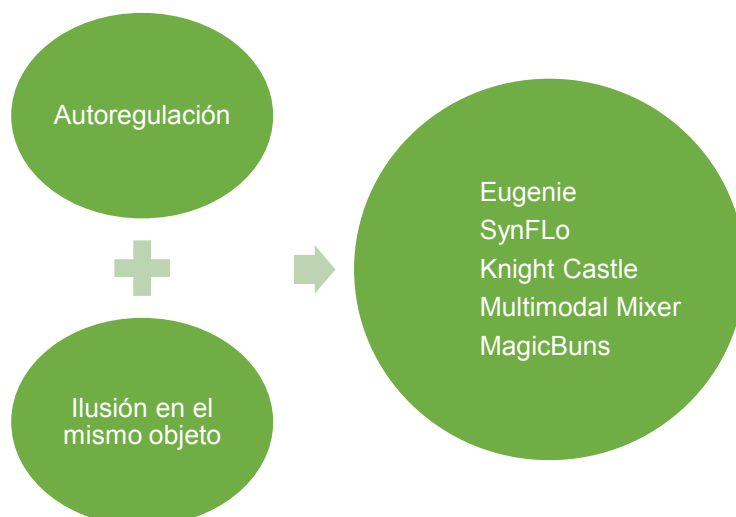


Figura 4.22. Relación entre framework basado en el grado de coherencia y tipo de feedback.

Además, se ha podido observar una similitud en al menos 4 de los antecedentes estudiados con respecto a los resultados de la aplicación de los criterios. En la Figura 4.23 se presentan las actividades que contienen las mismas características.

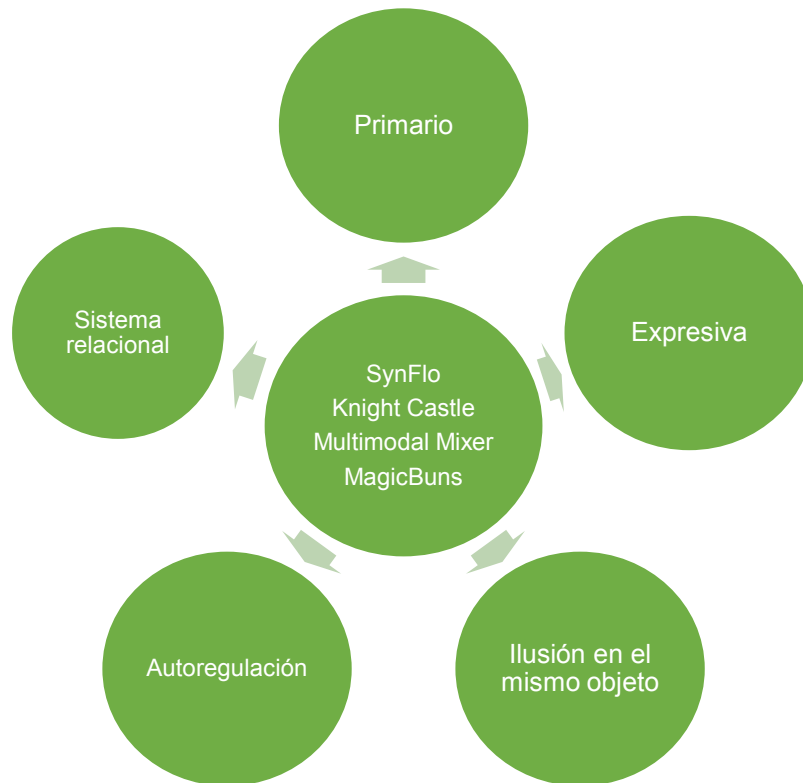


Figura 4.23. Relación entre características de diferentes antecedentes estudiados.

Las características que comparten estas actividades son: se orientan a un nivel educativo primario, emplean actividades expresivas a través del diseño en los objetos activos, los participantes son los encargados de recrear sus propias ideas en representaciones digitales, además, los objetos suministran a los participantes un *feedback* relacionado con la autorregulación en su aprendizaje y tienen la misma representación en el mundo físico que el digital (ilusión de ser el mismo objeto).

Finalmente, en cuanto a la categoría **metodológico educativo** se determinó que al aplicar el criterio de tipo de actividad se detectó que la mayoría de los antecedentes enfocan las actividades en ser grupales y colaborativas. A su vez, respecto de las evaluaciones, mayormente están enfocadas en la usabilidad y utilidad. Se observó que los objetos activos se crearon utilizando hardware de código abierto. Adicionalmente, se pudo reconocer un conjunto de resultados de valor que generó la implementación de los objetos activos tangibles en las actividades de aprendizaje. Entre ellos se encuentran los siguientes:

- Manipular los objetos independientemente de las restricciones físicas.

- Lograr escalabilidad y enlaces dinámicos.
- Generar representaciones directas a través de procesos sensoriales y motores.
- Integrar tangibles de la vida real para fomentar la participación y proporcionar un contexto adicional a la actividad.
- Brindar nuevas experiencias de juego y aprendizaje
- Apoyar la interacción exploratoria y expresiva.
- Reducir conflictos entre los modelos digitales y el diseño espacial de los elementos tangibles.
- Animar a los estudiantes a ser físicamente activos.
- Estimular la actividad social.
- Facilitar el aprendizaje y el pensamiento a través de la acción.
- Crear juegos constructivos.
- Persuadir a los alumnos para que desarrollen aún más las habilidades y conocimientos objetivos, a partir del *feedback*.

4.7. Conclusiones

Los objetos tangibles tanto pasivos como activos se han mostrado como una opción más para realizar representaciones abstractas de información. Sin embargo, los objetos activos tienen la particularidad y las características para integrar más y mayores capacidades que permitan crear enlaces entre lo virtual y real con una mayor transparencia.

Los objetos activos tienen las características necesarias para lograr una mayor flexibilidad, generación de metáforas y enfocar la atención de los estudiantes en tareas que pueden ser colaborativas cara a cara. Se destacan sus posibilidades para el tratamiento del *feedback*, a partir de diferentes modalidades como audio, texto, imagen, reacciones hápticas.

Estas oportunidades se dan gracias a la electrónica disponible, accesible y de código abierto que se puede encontrar en el mercado, tales como los módulos *Arduino* o *Raspeberry*. Estas tecnologías facilitan la posibilidad de generar la creación de interacciones con diversos canales de comunicación que permitan la construcción de objetos y estructuras del mundo real. De esta forma, se puedan crear actividades educativas que fomenten el aprendizaje, la diversión, la interacción y las habilidades sociales (Marco et al., 2012a).

Además, se han descrito y analizado un total de 10 antecedentes de actividades educativas que involucran objetos activos, varios de ellos juguetes. El análisis se ha realizado a partir de la definición de diferentes criterios de evaluación, principalmente enfocados en las descripciones generales, IT, TUIs y la metodología educativa.

La aplicación de los criterios evidenció que los antecedentes estudiados han sido desarrollados en su mayoría en Europa, el nivel educativo al que especialmente se enfocaron son superior/universitario seguido del primario, existe una paridad en los tipos de actividades de aprendizaje entre los exploratorios y expresivos, las modalidades de interacción se dan mayormente entre objetos activos y *tabletops*.

En cuanto a los tipos de *feedback* utilizados se relacionan con la tarea y luego la autorregulación. Los marcos de trabajo en las TUIs casi siempre son de sistemas relacionales juntos con las espaciales, se utiliza en gran parte identificadores. En cuanto a la dinámica, son actividades grupales y colaborativas, y las evaluaciones se enfocan en la usabilidad, utilidad y algunos aspectos de experiencias de usuario.

Finalmente, se identificó que la utilización de los objetivos activos brinda nuevas experiencias de juego y aprendizaje, que aprovechan *feedback* visual, auditivo y háptico y anima a los estudiantes a ser activos físicamente, participar de actividades y generar de juegos constructivos (Cruz, Sanz, & Baldassarri, 2019).



**CAPÍTULO V.
ESTUDIO DE CASO CON
JUGUETES INTERACTIVOS**

5.1. Introducción

En este capítulo se presenta el estudio de caso que forma parte de esta tesis. Inicialmente se explicitan sus objetivos. También se describen los instrumentos de recogida de datos seleccionados para estas sesiones: SUS para el estudio de usabilidad del juego, IMI para el estudio de la motivación de los estudiantes mientras juegan y una entrevista para conocer la opinión en general de los participantes. Luego, se describe el juego El Conquistador, basado en IT y que incluye juguetes interactivos diseñados específicamente. Posteriormente, se detallan algunos aspectos del diseño de los juguetes, de su comunicación entre ellos, y con el juego, para luego presentar criterios de diseño de la interfaz. Finalmente, se avanza sobre la forma de organización de las sesiones con estudiantes y docentes.

5.2. Objetivos del estudio de caso

Los objetivos planteados para este estudio de caso son:

- Identificar fortalezas y debilidades de los juguetes interactivos diseñados en una actividad educativa concreta,
- Conocer la opinión de los estudiantes sobre la utilización de los juguetes,
- Conocer la valoración que realizan los estudiantes y docentes de diferentes tipos de *feedback*.

Estos tres objetivos planteados para el estudio de caso se relacionan con los objetivos específicos de la tesis, en particular con el de “evaluar el impacto que tienen los juguetes interactivos en los estudiantes y/o docentes”.

5.3. Técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos

Para el estudio de caso se realizan sesiones de trabajo con alumnos y docentes, quienes participan de una actividad educativa basada en IT con juguetes interactivos. Como parte de las sesiones se realizan entrevistas, cuestionarios y se aplica un registro de observación de los participantes, de manera tal de recabar información de interés según los objetivos planteados. Todas las sesiones son filmadas y se las analiza en conjunto con los resultados de los cuestionarios y entrevistas, para contemplar aspectos surgidos durante las sesiones.

Para el primer objetivo, el cual consiste en identificar fortalezas y debilidades de los juguetes interactivos en la actividad educativa se consideran estudios previos, tales como el trabajo de (Karimi & Lim, 2010), el de Zuckerman & Gal-Oz (2013) y Brooke (1996). La evaluación se

lleva cabo mediante un cuestionario de Escala de Usabilidad del Sistema (SUS) (Brooke, 1996) y un cuestionario de Inventario de Motivación Intrínseca (IMI) (Ryan & Deci, 2006).

El segundo objetivo, que contempla conocer la opinión de los estudiantes sobre la utilización de juguetes interactivos, se evalúa mediante la aplicación de una entrevista semiestructurada basada en Zuckerman & Gal-Oz (2013). Se indaga también sobre la percepción de la experiencia vivida y se pide que consideren si les gustaría tener más experiencias con juguetes interactivos, y finalmente, se solicita que manifiesten su agrado o no de utilizar dichos juguetes en relación con usar otros tipos de juegos basados en celular, *Tablet* o consola.

El tercer objetivo consiste en conocer la valoración que dan los estudiantes y docentes a los diferentes tipos de *feedback* que presentan los juguetes interactivos desarrollados para el caso de estudio. Para ello, se realiza una encuesta y una entrevista basadas en los trabajos de Anastasiou & Ras (2017) y Muijzer-witteveen, Sibum, Dijsseldonk, Keijsers, & Asseldonk (2018), que busca identificar la influencia de las diferentes modalidades de salida de los objetos activos en actividades educativas basadas en IT.

Todos los ítems del cuestionario se clasificaron utilizando el *Smileyometer* (Read, Macfarlane, & Casey, 2002; Xie, Antle, & Motamedi, 2008), una escala Likert de cinco puntos que utiliza representaciones pictóricas que representan el nivel de acuerdo con cada afirmación presentada. El cuestionario se ha implementado en forma impresa.

5.4. Diseño de la actividad educativa con juguetes interactivos

Se ha diseñado una actividad educativa basada en un juego de IT sobre *tabletop*, llamado El Conquistador y que incluye el uso de juguetes interactivos. La actividad involucra una sesión de juego con estudiantes y/o docentes.

Las siguientes subsecciones se orientan en presentar el juego El Conquistador y el diseño de los juguetes interactivos involucrados.

5.4.1. Juego de interacción tangible: El Conquistador

En esta sección se describe el juego El Conquistador que ha sido desarrollado en el marco de un proyecto con alumnos del Instituto de Investigación en Informática LIDI, de la Facultad de Informática de la UNLP. Para ordenar la descripción, se inicia por presentar el juego, para luego en las siguientes subsecciones explicar detalladamente diferentes aspectos y sus componentes.

El Conquistador es un juego de preguntas y respuestas cuyo objetivo didáctico se orienta a la integración de temas trabajados en un proceso educativo. Puede ser utilizado como una estrategia de repaso, en donde los estudiantes tienen la posibilidad de recuperar conocimientos.

La dinámica del juego es la de una competencia entre dos jugadores o equipos (de aquí en adelante se empleará el término jugador). Cada jugador recibe una tarjeta con un objetivo a cumplir para ganar. Por ejemplo, conquistar 5 países de Sudamérica. Además de la tarjeta objetivo, recibe un juguete interactivo. El juego recorre las siguientes etapas:

- a) **Configuración.** Se apoya el juguete sobre la mesa junto con el objetivo para que quede asociada en el juego esta relación. Además, se muestra qué color se asigna a cada uno. El juguete enciende 5 luces led que representan las 5 vidas que posee y vibra para indicar que está activo y “ha cobrado vida”.
- b) **Inicio del juego.** Se muestra sobre la *tabletop* un mapa reducido de América con los países distribuidos entre los dos jugadores. Los países están pintados del color correspondiente al jugador al que le pertenecen. Se indica en la mesa con un mensaje quién comienza a jugar.
- c) **Desarrollo del juego.** Los jugadores deben cumplir su objetivo para ganar el juego. Es decir, tienen que conquistar los países que le faltan para lograr su objetivo. Para conquistar un país, el jugador lo ataca, y debe contestar a una pregunta de tres opciones, a través del juguete físico (usando sus botones). Si se contesta correctamente, el atacado puede defenderse contestando mediante los botones de su juguete interactivo a la misma pregunta. En caso de responder bien, el país no es conquistado. Pero si contesta mal, el atacado pierde el país y una vida. Finalmente, si el atacante contesta mal la pregunta, pierde una vida y el atacado no debe defenderse. Si un jugador pierde sus 5 vidas, finaliza el juego y gana su contrincante. Por esto, se ha posibilitado la acción de liberar un país propio, y esto permite recuperar una vida, para la primera vez que se lo libera. La liberación se da contestando bien a una pregunta. En ese caso el país se pinta de color gris y no pertenece a nadie.

5.4.2. Juguetes Interactivos

Los juguetes interactivos (Figura 5.1) diseñados y desarrollados para el juego, conforman parte de la propuesta de esta tesis. El tesista se ha involucrado con el equipo de trabajo del proyecto El Conquistador y ha participado activamente en la creación de estos juguetes. Se trata de dos juguetes interactivos que representan a los jugadores participantes y funcionan

como dispositivos de entrada y salida del juego. Contienen una base fabricada de cartón duro donde se incrusta un envase metálico tipo alcancía. Se diseñó la base en cartón duro para que no dañe la superficie de la *tabletop* cuando estos son apoyados, y sea liviana para que los niños puedan utilizarla. La base tiene dos agarraderas para facilitar su manipulación. Los juguetes fueron pintados, de forma tal que se alinee con la estética de los personajes.



Figura 5.1. A) Juguetes interactivos, B) Botones para responder y display para mostrar mensajes de texto, C) Luces led que representan las vidas.

Dentro de cada envase metálico y base de cartón se encuentran los dispositivos electrónicos. Cada juguete interactivo cuenta con tres pulsadores, que son utilizados para dar respuesta según las opciones presentadas en cada una de las preguntas realizadas desde el juego (A, B y C). Además, incorporan un *display* LCD de 16x2 caracteres con I2c, cinco Leds *RGB Neo Pixel* que indican la cantidad de vidas, un módulo de WiFi ESP8266 de *Arduino* que contiene el programa para administrar los módulos conectados, así como la comunicación de los juguetes con el juego. También, se ha integrado un motor de vibración, un *buzzer* pasivo, cables y *power banks* para suministrar la energía.

Desde el punto de vista del diseño, se ha considerado que representaran a dos personajes reconocidos por los estudiantes, para que pudieran encontrarlos familiares. Se eligieron dos superhéroes por el momento, ya que la estética de presentación del juego se vincula con los cómics de estos superhéroes. A futuro, se podrán incorporar nuevos personajes o cambios en los juguetes de acuerdo con la opinión de los estudiantes durante la sesiones de trabajo.

5.4.3. Protocolo de comunicación

Los juguetes interactivos contienen un módulo de WiFi Esp de *Arduino*, que permite el almacenamiento y ejecución de *software*. Además, *Arduino* presenta un entorno de desarrollo integrado que permite la codificación en *Java*, por tanto, permite escribir y almacenar programas con el módulo WiFi con las opciones necesarias para comunicarse con distintos dispositivos.

El proceso de comunicación de los juguetes y el juego el Conquistador se realiza a través de una red WiFi con protocolo TCP/IP, la red está compuesta por tres nodos (los dos juguetes y una computadora sobre la que se ejecuta el juego y se proyecta su interfaz sobre la *tabletop*). Uno de los juguetes (*master*) se presenta como un *AccessPoint*, éste tiene la capacidad de generar la red WiFi que permite a los otros nodos (esclavos) integrarse a la red.

Cada dato que es enviado desde los juguetes al programa o viceversa, es administrado por el juguete *master*. El juguete *master* está configurado para reconocer cuáles son los mensajes propios y los de los esclavos. A partir de los mensajes, cada juguete reacciona de acuerdo con lo que se le indica, permitiendo así generar diferentes tipos de *feedback*.

Se envían mensajes, por ejemplo, cada vez que un jugador acciona un pulsador. Estos mensajes son enviados al juego El Conquistador, que ejecuta sobre la PC para ser procesados. El juego devuelve mensajes a los juguetes, quienes los procesan y ofrecen un *feedback* utilizando alguna de las modalidades de salida disponible: luces, sonidos, mensajes de texto o vibraciones.

5.4.4. Diseño de la interacción

El juego tiene dos espacios de interacción: los juguetes y la *tabletop*. Los juguetes fueron diseñados como un espacio de interacción privada de cada equipo o jugador. La mesa es el espacio de interacción compartido por los participantes. La información que allí se muestra es pública.

La interacción privada, a partir de cada juguete, permite que las respuestas no sean vistas por el otro equipo, ya que ambos deben responder a la misma pregunta. Además, se dan mensajes de texto que son propios de la autorregulación de cada jugador o equipo. Por ejemplo, la cuenta regresiva del tiempo disponible para contestar a una pregunta, si gana o pierde una vida, y si su respuesta es correcta o incorrecta.

Los juguetes tienen los siguientes elementos para la entrada de datos y para mostrar *feedback* del juego:

- a) **Botones.** Se trata de tres botones que permiten el ingreso de una respuesta a la pregunta que se muestra sobre la mesa cuando se trata de atacar o liberar un país. Los botones representan las tres opciones de respuesta: A, B o C.
- b) **Pantalla del juguete.** Se utiliza para mostrar *feedback* de: tiempo restante para responder a una pregunta (*feedback* para la autorregulación), aviso sobre el turno de jugar (*feedback* para autorregular los momentos de jugada), aviso sobre el color que

le corresponde al jugador (*feedback* para identificar y recordar el color propio), y aviso de respuesta correcta e incorrecta (*feedback* sobre la tarea). En general, se utiliza para mostrar información personal del jugador o equipo.

- c) **Luces led (vidas).** Muestran las vidas que tiene el jugador, se encienden y se apagan según se ganen o se pierdan vidas a lo largo del juego. Esto se considera como un *feedback* de autorregulación que puede ayudar al estudiante a estar atento a las vidas que tiene y cambiar la estrategia del juego (por ejemplo, liberar un país para ganar una vida).
- d) **Vibraciones.** Se provoca una vibración cada vez que se responde a una pregunta para indicar que ya se ha enviado la respuesta y cuando se activan los juguetes, para dar la sensación de que cobran vida, esto último se da en la etapa de configuración.

La mesa es el espacio donde se muestra el *feedback* de la aplicación destinado para ambos jugadores. En la *tabletop* se realiza la etapa de configuración inicial donde cobran vida los dos juguetes, se muestra el mapa con los países de cada equipo, se hacen las selecciones del país a atacar o liberar, se indica de quién es el turno, si se ha ganado o fallado en el ataque o si la defensa fue exitosa. Se despliegan también los cambios de estado de país, a través de colorearlo como: liberado (gris), o perteneciente a uno u otro equipo (color del equipo). Para la interacción con la *tabletop* se utiliza un lápiz (selector) como el de la Figura 5.2, pero también podrían hacerse las selecciones con dedos. Para la configuración se apoyan en la mesa los juguetes interactivos y los objetivos.

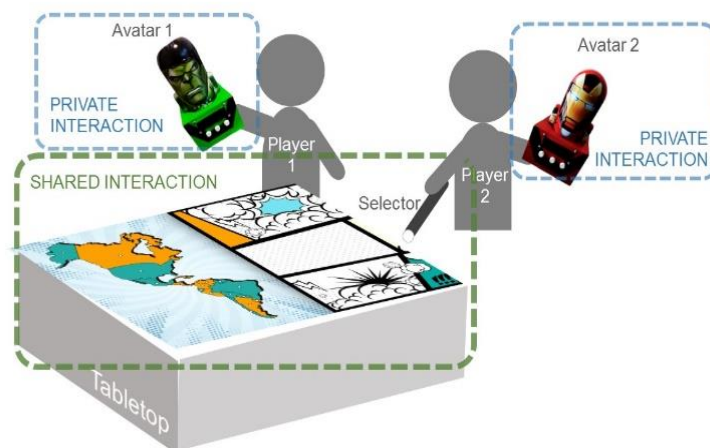


Figura 5.2. Interacción compartida en la mesa y privada en los juguetes. (Tomado de Artola, Nordio y Sanz (2019))

5.5. Organización de las sesiones de trabajo con estudiantes y docentes

Para poder cumplir con los objetivos del estudio de caso, se realizaron tres sesiones de trabajo con estudiantes.

Las sesiones se organizaron de la siguiente manera:

- a) **Presentación del juego:** se describió de qué se trata el juego, acompañando con un video que presenta cómo jugar.
- b) **Desarrollo del juego:** se realizó la dinámica del juego, en algunos casos más de una vez, ya que los estudiantes se mostraron motivados por hacerlo.
- c) **Evaluación:** se aplicaron los instrumentos de recogida de datos planificados y se fueron administrados para su completamiento.

En todas las sesiones hubo presencia de los docentes y/o padres a cargo de los niños. Todas las acciones realizadas fueron consensuadas y aprobadas entre los participantes, docentes y/o padres, equipo del III LIDI y tesista. Para llevar a cabo la observación y el apoyo en las sesiones se contó con la presencia del tesista y tres investigadores.

Las primeras dos sesiones se realizaron en la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata con una duración de aproximadamente 40 y 60 minutos, respectivamente. Se obtuvo una participación total de 7 estudiantes de primaria con edades entre los 8 y 9 años, y algunos padres. La tercera sesión fue realizada en el Colegio Nacional Rafael Hernández de La Plata, con una duración aproximada de 120 minutos, en la que participaron 26 estudiantes del primer año de la secundaria con edades entre 12 y 13 años, y un grupo de 4 docentes.

Los investigadores y docentes siempre estuvieron atentos y disponibles en el caso de que los participantes necesitaran ayuda mientras realizaban la actividad. Al finalizar cada sesión fue aplicado el instrumento de evaluación de IMI y el SUS, y una entrevista con una duración aproximada de 15 minutos. Además, se tuvo la posibilidad de aplicar un cuestionario con una duración aproximada de 10 minutos a 5 docentes encargados de los estudiantes que participaron en las actividades.

Durante las sesiones se realizaron observaciones, en particular con el uso y comentarios sobre los juguetes interactivos y su influencia en las interacciones sociales, las cuestiones relacionadas con el juego El Conquistador y los estudiantes. Las observaciones fueron documentadas con material fotográfico siempre manteniendo el anonimato de cada uno de

los participantes. Para el análisis se utilizó un método mixto de enfoques cualitativos y cuantitativos sobre los datos.

En el siguiente capítulo se presentarán los resultados obtenidos en estas sesiones.

5.6. Conclusiones

En este capítulo se describió el diseño del estudio de caso realizado a partir de una actividad educativa basada en IT con juguetes interactivos. La actividad consistió en un juego de IT llamado El Conquistador, el cual contiene juguetes interactivos diseñados y desarrollados *ad-hoc* por parte del tesista, que funcionan como dispositivos de entrada y salida del juego. Para las actividades se realizó un planteamiento de objetivos, técnicas e instrumentos para la recolección de datos. La obtención de los datos se obtuvo al realizar 3 sesiones de trabajo con alumnos y docentes de la escuela primaria y secundaria. Al finalizar cada sesión se procedió a aplicar cuestionarios y entrevistas con la finalidad de atender a los objetivos planteados. Lo dicho hasta aquí hizo viable la realización del estudio de caso.



CAPÍTULO VI. RESULTADOS OBTENIDOS

6.1. Introducción

En este capítulo se recuperan y analizan los resultados de las sesiones llevadas a cabo como parte del estudio de caso. Para ello se inicia por describir en profundidad los instrumentos utilizados y el procedimiento seguido para su análisis. Posteriormente, se detallan a través de tablas y gráficos los resultados alcanzados, divididos según el nivel educativo de los estudiantes participantes. Finalmente, se realiza una discusión de los principales aspectos encontrados.

6.2. Instrumentos utilizados y metodología para su análisis

Se presentan las técnicas con sus instrumentos empleados en cada caso y la metodología utilizada para su procesamiento: a) cuestionario IMI, b) cuestionario SUS, c) entrevista y registro de observación y d) cuestionario de satisfacción a los docentes.

Para la evaluación de la motivación, se utiliza el cuestionario IMI (McAuley, Duncan, & Tammen, 1989; Ryan & Deci, 2006). Se emplearon tres subescalas para medir la motivación intrínseca de los estudiantes en cuanto a si la actividad basada en IT y los juguetes interactivos resultan motivadores para el desarrollo de actividades educativas. El cuestionario IMI presentó un total de 14 afirmaciones divididas en las subescalas de la siguiente forma: interés y disfrute (6), competencia percibida (4), y presión y tensión (4).

El cuestionario fue diseñado con una escala Likert de 1 a 5 empleando representaciones pictóricas haciendo referencia a caras de felices a tristes para personificar el nivel de acuerdo de los estudiantes con los ítems de IMI. Para analizar los resultados de la evaluación se sigue el protocolo propuesto en Ryan & Deci (2006). Se calcula la puntuación sumando las contribuciones de puntuación máxima que puede brindar cada afirmación. El puntaje corresponde al rango de 1 a 5, siendo 5 el puntaje máximo de cada elemento. Para las afirmaciones negativas (inversas) el puntaje se invierte; $5 \rightarrow 1$, $4 \rightarrow 2$, $3=3$, $1 \rightarrow 5$, y $2 \rightarrow 4$.

Por tanto, el puntaje total de IMI se obtiene de multiplicar las 14 afirmaciones por el puntaje máximo de cada una de ellas, lo que sería un total de 70 puntos. El puntaje total debe ser distribuido para cada subescala, según el número de afirmaciones que ésta contiene; interés y disfrute (30), competencia percibida (20), y presión y tensión (20).

Además, para obtener el resultado de cada subescala de IMI se divide el rango de puntuación de cada una de ellas en 5 categorías. El rango de puntuación para las subescalas es la siguiente: interés y disfrute ($0 \leftarrow \rightarrow 30$), competencia percibida ($0 \leftarrow \rightarrow 20$), y presión y tensión ($0 \leftarrow \rightarrow 20$).

En la Tabla 6.1 se muestra la distribución de los rangos de puntuación por categoría (Fabila, Minami, & Izquierdo, 2012; Lamprea & Gómez-Restrepo, 2007; Ospina, Sandoval, Aristizábal, & Ramírez, 2005).

Tabla 6.1. Rangos de puntuación por subescala IMI por categorías.

Subescala	Muy bajo	Bajo	Regular	Alto	Muy alto
Interés y disfrute	0→6	7→12	13→18	19→24	25→30
Competencia percibida	0→4	5→8	9→12	13→16	17→20
Presión y tensión	17→20	13→16	9→12	5→8	0→4

Por otra parte, la aplicación del cuestionario SUS (Brooke, 1996; Lewis & Sauro, 2009, 2018) presentó un total de 6 afirmaciones con el objetivo de representar una medida compuesta de la usabilidad de los juguetes interactivos desarrollados. En este caso no se establecieron subescalas y las puntuaciones de las afirmaciones de forma individual no son significativas por sí solas (Brooke, 1996).

De acuerdo con Brooke (1996) y Lewis & Sauro (2009), para calcular el puntaje del cuestionario de SUS se procede a sumar el porcentaje de cada afirmación. El rango de contribución de cada afirmación varía de 0 a 4. Para las afirmaciones positivas (1, 2, 4, 6), la contribución por afirmación va a ser la posición en la escala menos 1. Para las afirmaciones negativas (3, 5) la contribución será 5 menos la posición en la escala.

El proceso de determinación de las contribuciones del cuestionario SUS tiene un rango de 0 a 24 (cada contribución o ítem tiene un puntaje máximo de 4), para extender los resultados en un rango de 0 a 100 se multiplicaron las sumas de las contribuciones de puntaje por 100/24 (Lewis & Sauro, 2017). Por tanto, Lewis & Sauro (2018) indican que alcanzar una puntuación de 68 hace referencia a obtener una experiencia promedio de usabilidad percibida y 80 una buena experiencia.

Los datos obtenidos de los cuestionarios IMI y SUS fueron ingresados y analizados a través del paquete de *software* estadístico SPSS.

Posteriormente, se realizó una entrevista orientada a conocer la satisfacción de los estudiantes, que fue contrastada mediante el registro de observación participante.

En cuanto a los docentes, fue aplicado un cuestionario de satisfacción con preguntas que exteriorizan el agrado con tipos de actividades, tipos de *feedback* y beneficios de los juguetes interactivos basados en IT en las actividades educativas. Los resultados son comentados y mostrados a través de una tabla.

A continuación, en la siguiente sección se presentan los análisis descriptivos y los resultados de los datos obtenidos a partir de las sesiones realizadas.

6.3. Presentación de resultados

En esta sección se presentan los resultados de la investigación. La mayoría de los resultados presentan un análisis estadístico de las respuestas de los cuestionarios. Luego, se muestra análisis cuantitativo de las respuestas obtenidas a través de las entrevistas. Es importante indicar que no se hizo entrevistas a los estudiantes de secundaria debido a los tiempos disponibles y la cantidad de participantes. Por consiguiente, la entrevista para los estudiantes de secundaria fue reestructurada a un cuestionario.

6.3.1. Primaria

Las sesiones 1 y 2 fueron agrupadas debido a la cantidad de población evaluada. En la primera sesión participaron 4 estudiantes de la misma escuela (dos niños y dos niñas, de entre 8 y 9 años), mientras que en la segunda sesión 4 estudiantes (todos niños, entre 8 y 9 años, dos de una escuela y los otros dos de otra), uno de ellos ya había participado en la sesión previa por lo que no se le administran los instrumentos.

Por tanto, fue posible que 7 estudiantes de primaria participaran de una actividad educativa basada en IT empleando juguetes interactivos con una temática acorde a los planes de estudio correspondientes a su nivel educativo.

Cuestionario IMI

Como parte de la evaluación del cuestionario IMI, en la Tabla 6.2 se muestra el análisis descriptivo de las tres subescalas de motivación intrínseca respecto a las sesiones realizadas en la Facultad de Informática de la UNLP con los estudiantes de primaria de dos escuelas primarias de la región La Plata, Argentina. En ella se podrán apreciar el puntaje mínimo y máximo obtenido por cada subescala, la media alcanzada y la desviación estándar.

Tabla 6.2. Estadísticos descriptivos de tres subescalas de IMI en estudiantes de primaria.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Resultado
Interés y disfrute	7	24	29	26.43	1.718	Muy alto
Competencia percibida	7	14	17	15.43	.976	Alto
Presión y tensión	7	9	19	15.14	3.625	Bajo

En particular, en la subescala de interés y disfrute, el puntaje alcanzó una media de 26.43, lo que corresponde a una categoría “Muy alto”, según la clasificación antes presentada. Asimismo, en la Figura 6.1 se ilustra la distribución de los resultados obtenidos, estos se

presentaron en dos categorías (“Alto” y “Muy alto”). Por tanto, se puede indicar que los estudiantes presentaron un muy alto interés y disfrute de los juguetes interactivos durante el desarrollo del juego.

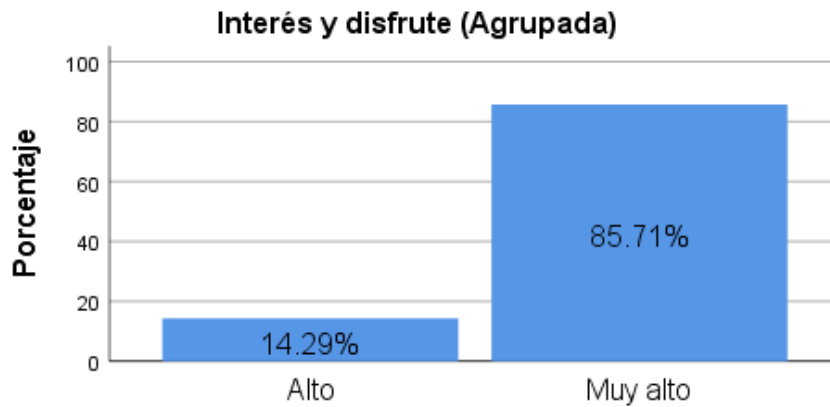


Figura 6.1. Resultados de la subescala de interés y disfrute en los estudiantes de primaria.

La subescala de competencia percibida alcanzó una media de 15.43, logrando un resultado “Alto” acorde con las categorías de evaluación. La Figura 6.2 presenta la distribución de los resultados obtenidos. El 85.71% de los estudiantes percibieron una “Alta” competencia al utilizar los juguetes interactivos y el juego durante la actividad, mientras que el resto de la población indicó tener una muy alta percepción de la competencia.

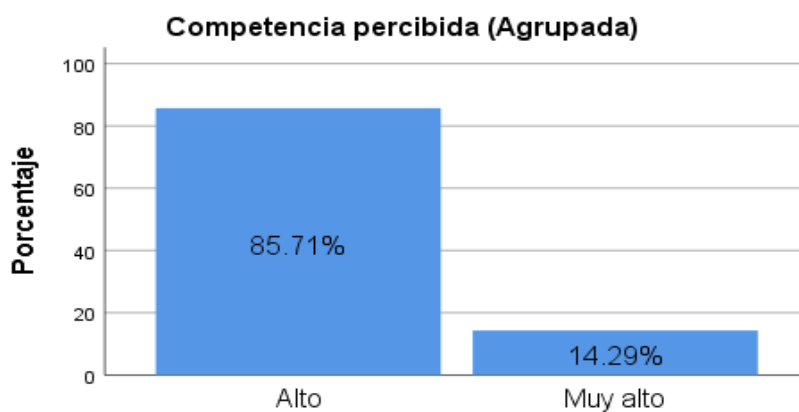


Figura 6.2. Resultados de la subescala de competencia percibida de los estudiantes de primaria.

La subescala de presión y tensión el puntaje alcanzó una media de 15.14, lo que indica un resultado “Bajo” según las categorías planteadas. La Figura 6.3 presenta la distribución de los resultados de los estudiantes en cuanto a la presión y tensión durante la actividad utilizando los juguetes interactivos y el juego. Se aprecia que hubo una distribución triple. Sin embargo, el 85.72% de los estudiantes obtuvieron una “Baja” y “Muy baja” presión y tensión durante la actividad.

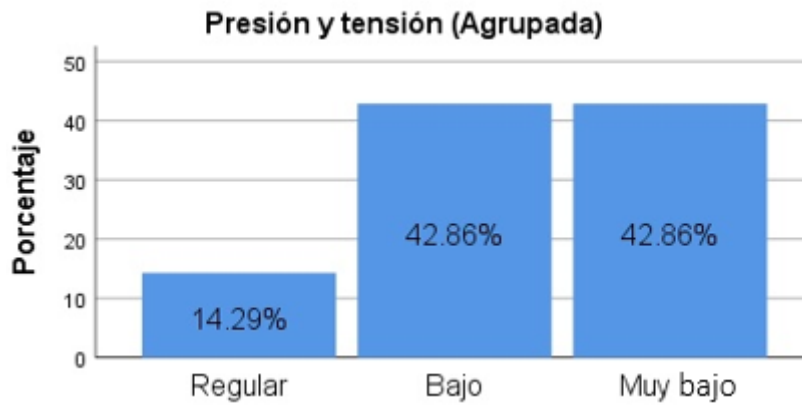


Figura 6.3. Resultados de la subescala presión y tensión de los estudiantes de primaria.

A continuación, en la Tabla 6.3 se muestra las respuestas de los estudiantes de primaria en tres escalas de motivación intrínseca. Las declaraciones de los estudiantes fueron respondidas indicando: Muy en desacuerdo (1), En desacuerdo (2), Indeciso (3), De acuerdo (4) y Muy de acuerdo (5). En la siguiente enlace se encuentran disponibles todas respuestas brindadas por cada estudiante: <http://bit.ly/2V9BmiC>.

Tabla 6.3. Resultados de subescala IMI en estudiantes de primaria. (I=Inverso).

Ítems	1	2	3	4	5	Media	SD
Interés y disfrute							
Mientras jugaba, estaba pensando en cuánto lo disfrutaba.	0 (0%)	0 (0%)	2 (28.6%)	3 (42.9%)	2 (28.6%)	4.00	0.816
Me pareció agradable jugar el juego del Conquistador.	0 (0%)	0 (0%)	1 (14.3%)	0 (0%)	6 (85.7%)	4.71	.756
Jugar el juego del Conquistador fue muy divertido.	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (71.4%)	2 (28.6%)	4.29	.488
Disfruté mucho jugando el juego del Conquistador	0 (0%)	1 (14.3%)	1 (14.3%)	1 (14.3%)	4 (57.1%)	4.14	1.215
Pienso que el juego del Conquistador era aburrido. (I)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	7 (100%)	5.00	.000
Yo describiría el juego del Conquistador como muy interesante.	0 (0%)	0 (0%)	2 (28.6%)	1 (14.3%)	4 (57.1%)	4.29	.951
Competencia percibida							
Creo que soy bastante bueno jugando el juego del Conquistador.	0 (0%)	0 (0%)	4 (57.1%)	2 (28.6%)	1 (14.3%)	3.57	0.787
Estoy satisfecho con mi rendimiento en el juego.	0 (0%)	0 (0%)	2 (28.6%)	2 (28.6%)	3 (42.9%)	4.14	.900
Me sentí bastante hábil en el juego.	0 (0%)	0 (0%)	1 (14.3%)	6 (85.7%)	0 (0%)	3.86	.378
El conquistador fue un juego que me costó jugar. (I)	1 (14.3%)	4 (57.1%)	2 (28.6%)	0 (0%)	0 (0%)	3.86	.690

Ítems	1	2	3	4	5	Media	SD
Presión y tensión							
No me sentí nervioso mientras jugaba.	0 (0%)	2 (28.6%)	2 (28.6%)	1 (14.3%)	2 (28.6%)	3.43	1.272
Me sentí tenso mientras jugaba. (I)	5 (71.4%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (14.3%)	1 (14.3%)	4.00	1.732
Me sentí relajado jugando.	0 (0%)	0 (0%)	3 (42.9%)	1 (14.3%)	3 (42.9%)	4.00	1.000
Me sentí presionado mientras jugaba. (I)	3 (42.9%)	2 (28.5%)	2 (28.6%)	0 (0%)	1 (14.3%)	3.71	1.496

Cuestionario SUS

Por otra parte, en la Tabla 6.4 se muestra el análisis descriptivo del cuestionario SUS respecto a las sesiones realizadas en la Facultad de Informática de la UNLP con los estudiantes de primaria. La tabla presenta la cantidad de estudiantes evaluados, los valores mínimos y máximos alcanzados, la media, la desviación estándar y el resultado del cuestionario.

Tabla 6.4. Estadísticos descriptivos del cuestionario SUS en estudiantes de primaria.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Resultado
SUS	7	37.50	100.00	69.0476	21.76489	Bueno
N válido (por lista)	7					

En particular, respecto al análisis descriptivo del cuestionario SUS brindó una media de 69.0476. El resultado del cuestionario es bueno, ya que superó el valor promedio de usabilidad. Lo anterior hace indicar que la aplicación y su modo de interacción presentan una buena usabilidad.

A continuación, en la Tabla 6.5 se muestra las respuestas de los participantes del cuestionario SUS. Las declaraciones de los estudiantes fueron respondidas indicando: Muy en desacuerdo (1), En desacuerdo (2), Indeciso (3), De acuerdo (4) y Muy de acuerdo (5). En el siguiente enlace se encuentran disponibles todas respuestas brindadas por cada estudiante: <http://bit.ly/2V9BmiC>.

Tabla 6.5. Resultados de SUS en estudiantes de primaria. (I=Inverso).

Ítems	1	2	3	4	5	Media	SD
Pienso que me gustaría jugar de nuevo con El Conquistador.	0 (0%)	1 (14.3%)	0 (0%)	5 (71.4%)	1 (14.3%)	3.86	.900
Pienso que el juego es fácil de usar.	0 (0%)	0 (0%)	2 (28.6%)	4 (57.1%)	1 (14.3%)	3.86	.690

Ítems	1	2	3	4	5	Media	SD
Creo que necesitaría el apoyo de un adulto para poder jugar el juego del Conquistador. (I)	2 (28.6%)	2 (28.6%)	0 (0%)	3 (42.9%)	0 (0%)	2.57	1.397
Imagino que otros estudiantes aprenderían a usar el juego rápidamente.	1 (14.3%)	1 (14.3%)	2 (28.6%)	1 (14.3%)	2 (28.6%)	3.29	1.496
Encontré el juego difícil de jugar. (I)	2 (28.6%)	3 (42.9%)	1 (14.3%)	1 (14.3%)	0 (0%)	2.14	1.069
Me sentí muy seguro jugando.	0 (0%)	0 (0%)	1 (14.3%)	3 (42.9%)	3 (42.9%)	4.29	.756

Entrevista

En esta sección se recuperan los resultados de la entrevista. Primero se presentan las preguntas abordadas para posteriormente analizar las respuestas. La entrevista fue realizada a los estudiantes luego de presentarles el juego del Conquistador.

- 1- ¿Identificaste las luces, sonidos, vibraciones o mensajes de los juguetes interactivos? ¿Qué significaban? ¿Para qué les serían?

Todos los estudiantes manifestaron que pudieron identificar las luces de los juguetes interactivos y coincidieron en que las luces representaban las vidas de los juguetes, algo que es correcto, debido a que éstas indican la cantidad de vidas que tiene disponible el jugador. Por ejemplo, un estudiante manifestó: *“Sí, las vidas. Me ayudaron a saber la cantidad de vidas que tenía”*.

El 57% de los estudiantes pudo identificar las vibraciones producidas por los juguetes interactivos. Algunos de los comentarios refieren a que las vibraciones se producían al perder vidas. Por ejemplo: *“sí, que perdía vidas”* y *“sí, vibraba al oprimir el botón”*.

El 86% de los estudiantes escucharon los sonidos producidos por los juguetes en alguna de las instancias del juego. A pesar de que la mayoría logró escucharlos, no todos pudieron describir qué representaban los sonidos. Entre los que comentaron indicaron que se generaban cuando se perdía vidas, y fundamentalmente, al ganar o perder el juego.

También, todos los estudiantes observaron e identificaron los mensajes que se mostraron en diferentes instancias en los juguetes interactivos. Algunos de los comentarios recibidos hacen mención del *feedback* otorgado al responder las preguntas. Por ejemplo: *“Para indicar si la pregunta estaba bien”*, *“Pregunta correcta”*

o incorrecta” y *“El color de país y los segundos para responder”*. En este último caso se hace alusión al tiempo disponible para responder a una pregunta.

2- ¿Qué te gustó de los personajes de *Hulk e Iron Man*?

Todos los estudiantes indicaron que les gustaron los juguetes interactivos, agregando que eran juguetes con personajes conocidos, cómodos de utilizar y con diferentes funcionalidades. Por ejemplo: *“Me gustó que eran conocidos”, “Me gustó el aspecto”, “Eran cómodos, llegaba bien a los botones... Me gustó la respuesta en la pantalla” y “Me gustó el personaje del juguete”*.

3- ¿Te gustaría jugar con otros juegos como El Conquistador y juguetes interactivos como *Hulk e Iron Man*?

Del mismo modo, todos los estudiantes expresaron que les gustaría jugar más juegos como El Conquistador con juguetes interactivos como *Hulk e Iron Man*. Un extracto de algunos comentarios hace referencia a la manipulación de los juguetes. Por ejemplo: *“Si, porque se pueden sentir en la mano, también se pueden mover”*.

4- ¿Qué cosas te gustaron más de este juego que de los juegos con un celular, *Tablet* o *play station*?

Los comentarios de los estudiantes respecto a la pregunta hacen mención principalmente al uso de los juguetes interactivos, la posibilidad de utilizar un personaje de forma de juguete y que éste pueda ser manipulado. Por ejemplo: *“Lo que me gusta más es usar los muñecos”, “Los muñecos, sentir los juguetes y las vibraciones”, y “conquistar países y hacer perder vidas”*.

5- ¿Qué efecto te gustó más de *Hulk* o *Iron Man*?

La Figura 6.4 muestra que existe una preferencia en los efectos de *feedback* audiovisuales (con un 42.86% cada uno) en los juguetes interactivos por los estudiantes de primaria. Es importante destacar que ambos juguetes contienen el mismo tipo de *feedback*. Sin embargo, algunos de los estudiantes solo tuvieron interacción con uno de ellos.

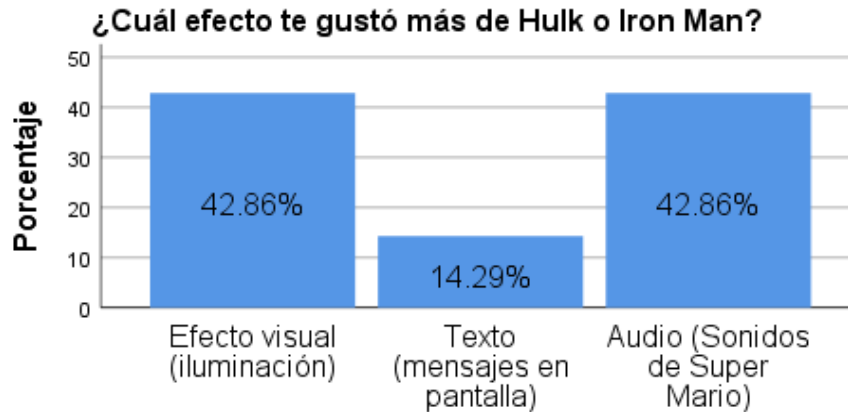


Figura 6.4. Resultados del agrado de los efectos en los juguetes interactivos con los estudiantes de primaria. Se podía elegir más de una opción

6- ¿Qué combinación de efectos te gusta más?

Los estudiantes seleccionaron la combinación de efectos que más le gusta. Los resultados se muestran en la Figura 6.5 y se puede observar que la combinación con mejores derivaciones es audiovisual y háptica con un 71.43%.

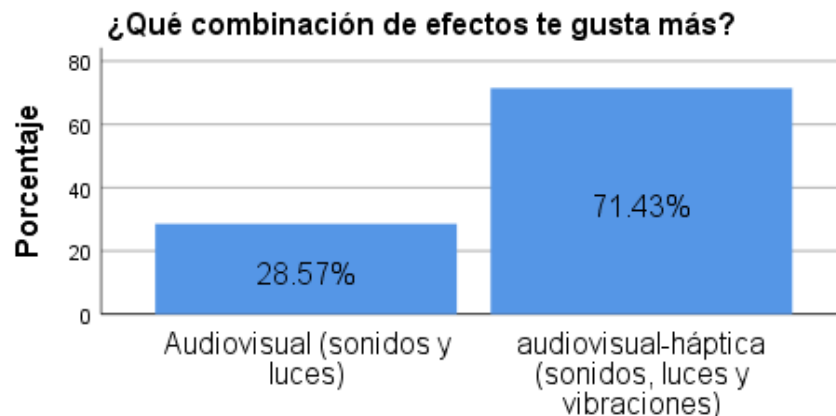


Figura 6.5. Resultados de la combinación de efectos que más les gusta a los estudiantes de primaria.

6.3.2. Secundaria

En la sesión realizada con los estudiantes de secundaria del Colegio Nacional Rafael Hernández se utilizaron las mismas evaluaciones antes presentadas. Los cuestionarios IMI y SUS, y un cuestionario que incluía las mismas preguntas de la entrevista. Participaron 26 estudiantes (catorce niñas y doce niños), todos con edades entre los 12 y 13 años.

Cuestionario IMI

Respecto a la evaluación del cuestionario IMI en la Tabla 6.6 se muestra el análisis descriptivo de tres subescalas de motivación intrínseca en relación con la sesión realizada con 26 estudiantes de secundaria.

Tabla 6.6. Estadísticos descriptivos de tres subescalas de IMI en estudiantes de secundaria.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Resultado
Interés y disfrute	26	11	30	23.65	4.841	Alto
Competencia percibida	26	6	18	12.73	3.027	Regular
Presión y tensión	26	6	20	13.08	3.520	Bajo

El análisis revela que el puntaje alcanzado para cada subescala supera la mitad del rango entre los valores mínimos y máximos posibles. Para la subescala de interés y disfrute se obtuvo una media de 23.65. En la Figura 6.6 se ilustra que los resultados tuvieron una distribución en 4 de las 5 categorías. El 80.77% de los resultados fueron “Altos” y “Muy altos” respecto al interés y disfrute de los estudiantes de la actividad con los juguetes interactivos.

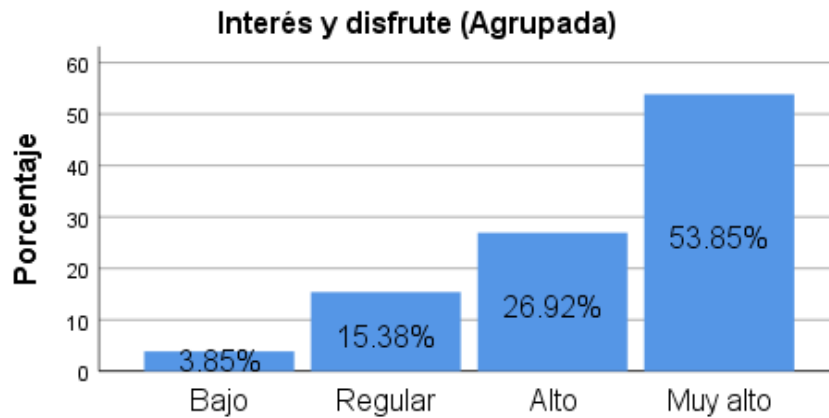


Figura 6.6. Resultados de la subescala de interés y disfrute en los estudiantes de secundaria.

La subescala de competencia percibida alcanzó una media de 12.73. La Figura 6.7 representa los valores obtenidos. El 61.54% de los estudiantes indicaron tener una “Alta” y “Muy alta” competencia percibida de los juguetes interactivos.

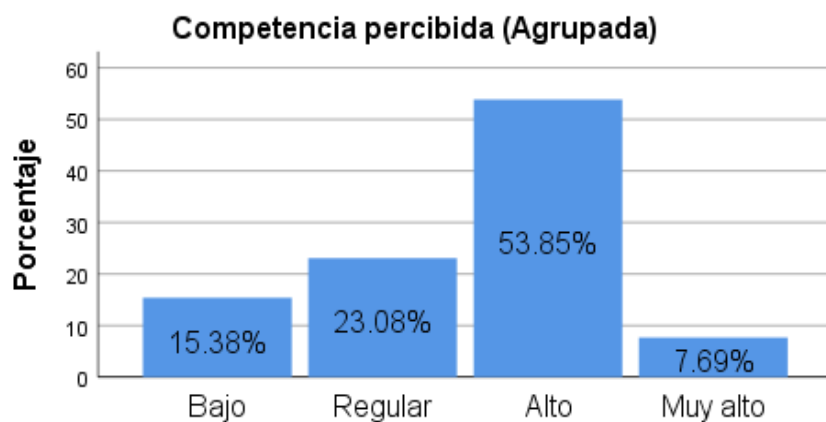


Figura 6.7. Resultados de la subescala de competencia percibida de los estudiantes de secundaria.

La subescala de presión y tensión alcanzó una media de 13.08. La Figura 6.8 presenta la distribución de los resultados, donde se puede apreciar que un 61.54% de los estudiantes indicó tener una “Baja” y “Muy baja” tensión y presión durante la actividad educativa con los juguetes interactivos.

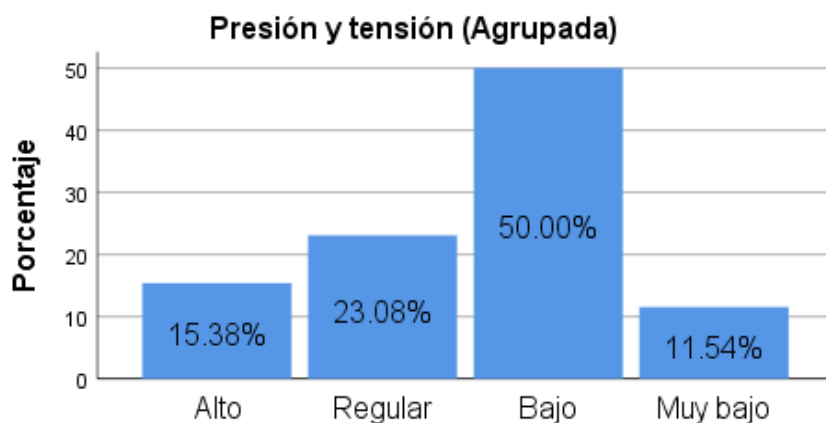


Figura 6.8. Resultados de la subescala de presión y tensión de los estudiantes secundaria.

A continuación, en la Tabla 6.7 se muestra las respuestas de los participantes de secundaria en tres escalas de motivación intrínseca. Las declaraciones de los estudiantes fueron respondidas indicando: Muy en desacuerdo (1), En desacuerdo (2), Indeciso (3), De acuerdo (4) y Muy de acuerdo (5). En el siguiente enlace <http://bit.ly/30MFBlo> se encuentran disponibles todas respuestas brindadas por cada estudiante.

Tabla 6.7. Resultados IMI de los estudiantes de secundaria. (I=Inverso)

Ítems	1	2	3	4	5	Media	SD
Interés y disfrute							
Mientras jugaba, estaba pensando en cuánto lo disfrutaba.	0 (0%)	1 (3.8%)	7 (26.9%)	11 (42.3%)	7 (26.9%)	3.92	0.845
Me pareció agradable jugar el juego del Conquistador.	0 (0%)	2 (7.7%)	1 (3.8%)	11 (42.3%)	12 (46.2%)	4.27	.874
Jugar el juego del Conquistador fue muy divertido.	1 (3.8%)	4 (15.4%)	0 (0%)	14 (53.8%)	7 (26.9%)	3.85	1.120
Disfruté mucho jugando el juego del Conquistador	0 (0%)	5 (19.2%)	0 (0%)	13 (50.0%)	8 (30.8%)	3.92	1.055
Pienso que el juego del Conquistador era aburrido. (I)	12 (46.2%)	5 (19.2%)	5 (19.2%)	3 (11.5%)	1 (3.8%)	3.92	1.230
Yo describiría el juego del Conquistador como muy interesante.	0 (0%)	3 (11.5%)	5 (15.4%)	15 (57.7%)	4 (15.4%)	3.77	.863
Competencia percibida							
Creo que soy bastante bueno jugando el juego del Conquistador.	3 (11.5%)	6 (23.1%)	11 (42.3%)	4 (15.4%)	2 (7.7%)	2.85	1.084

Ítems	1	2	3	4	5	Media	SD
Estoy satisfecho con mi rendimiento en el juego.	2 (7.7%)	4 (15.4%)	3 (11.5%)	13 (50.0%)	4 (15.4%)	3.50	1.175
Me sentí bastante hábil en el juego.	4 (15.4%)	6 (21.1%)	8 (30.8%)	7 (26.9%)	1 (3.8%)	2.81	1.132
El conquistador fue un juego que me costó jugar. (I)	6 (23.1%)	7 (26.9%)	10 (38.5%)	2 (7.7%)	1 (3.8%)	3.58	1.065
Presión y tensión							
No me sentí nervioso mientras jugaba.	4 (15.4%)	2 (7.7.6%)	7 (26.9%)	6 (23.1%)	7 (26.9%)	3.38	1.388
Me sentí tenso mientras jugaba. (I)	2 (7.7%)	7 (26.9%)	8 (30.8%)	6 (23.1%)	3 (11.5%)	2.96	1.148
Me sentí relajado jugando.	2 (7.7%)	4 (15.4%)	10 (38.5%)	5 (19.2%)	5 (19.2%)	3.27	1.185
Me sentí presionado mientras jugaba. (I)	7 (26.9%)	7 (26.9%)	6 (23.1%)	3 (11.5%)	3 (11.5%)	3.46	1.334

Cuestionario SUS

Por su parte, respecto al cuestionario de escala de usabilidad, en la Tabla 6.8 se muestra el análisis descriptivo del cuestionario de SUS en relación con la sesión realizada con los estudiantes de secundaria del Colegio Nacional Rafael Hernández.

Tabla 6.8. Estadísticos descriptivos del cuestionarios SUS en estudiantes de secundaria.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Resultado
SUS	26	37.50	95.83	68.2692	15.50434	Promedio
N válido (por lista)	26					

En este caso, el análisis descriptivo del cuestionario SUS brindó una media de 68.2692. Es decir, el resultado contiene el promedio de puntuación de acuerdo con Lewis & Sauro (2009).. Por consiguiente, el cuestionario hace indicar que los juguetes interactivos y el juego en general, presentan un resultado promedio en cuando a la usabilidad percibida.

En la Tabla 6.9 se presentan las respuestas del cuestionario SUS. Las declaraciones fueron respondidas indicando: Muy en desacuerdo (1), En desacuerdo (2), Indeciso (3), De acuerdo (4) y Muy de acuerdo (5). Aquí <http://bit.ly/30MFBlo> se encuentran disponibles todas respuestas brindadas por cada estudiante.

Tabla 6.9. Resultado de SUS en estudiantes de secundaria. (I=Inverso).

Ítems	1	2	3	4	5	Media	SD
Pienso que me gustaría jugar de nuevo con El Conquistador.	2 (7.7%)	0 (0%)	4 (15.4%)	10 (38.5%)	10 (38.5%)	4.00	1.131
Pienso que el juego es fácil de usar.	0 (0%)	1 (3.8%)	7 (26.9%)	8 (30.8%)	10 (38.5%)	4.04	.916
Creo que necesitaría el apoyo de un adulto para poder jugar el juego del Conquistador. (I)	6 (23.1%)	9 (34.6%)	6 (23.1%)	4 (15.4%)	1 (3.8%)	2.42	1.137
Imagino que otros estudiantes aprenderían a usar el juego rápidamente.	2 (7.7%)	0 (0%)	9 (34.6%)	5 (19.2%)	10 (38.5%)	3.81	1.201
Encontré el juego difícil de jugar. (I)	5 (19.2%)	8 (30.8%)	10 (38.5%)	1 (3.8%)	2 (7.7%)	3.50	1.105
Me sentí muy seguro jugando.	0 (0%)	4 (15.4%)	9 (34.6%)	10 (38.5%)	3 (11.5%)	3.46	.905

Cuestionario de satisfacción

En esta sesión, debido al mayor número de estudiantes participantes, se realizó un cuestionario en el que se indagaban las mismas preguntas que se realizaron en la entrevista llevada a cabo con los estudiantes de primaria. Al finalizar la sesión a través de un cuestionario se les consultó a los estudiantes preguntas que pretenden exteriorizar situaciones relacionadas con el *feedback*, interacciones y gustos por los juguetes interactivos.

- 1- ¿Identificaste las luces, sonidos, vibraciones o mensajes de los juguetes interactivos? ¿Qué significaban? ¿Para qué les serían?

El 92% de los estudiantes declararon que pudieron identificar las luces presentes en los juguetes interactivos, asimismo lograron determinar en su mayoría que la luces representaban las vidas. Con ello, podían saber que si fallaban en una de las preguntas perdían una vida, y ganar una vida si lograban conquistar algún país. A continuación, se presenta un extracto con algunos comentarios: “*Servían para marcar las vidas*”, “*Si, significaban la cantidad de vida, servía para saber cuánta vida tenía*” y “*Sí, son las cantidades de vidas que tienes, para ver cuántas vidas les queda*”.

El 38% de los estudiantes indicaron que pudieron identificar las vibraciones que realizaban los juguetes interactivos. Los demás estudiantes revelaron que no pudieron sentir las, otros se abstuvieron a responder solo indicando que no sabían. Entre los que lograron identificar las vibraciones exteriorizaron que funcionan para indicar que habían perdido o no una vida y que ayudaban a conocer que era el turno de responder

una pregunta. Por ejemplo: “*Sí, para mí significaba que te tocaba responder*”, “*Los sentí, si la respuesta era correcta o no*” y “*Significaba para empezar a jugar o verificar el tiempo*”. Las respuestas eran acertadas respecto a los *feedback* que se buscaba dar.

El 58% de los estudiantes identificaron los sonidos que ejecutaban los juguetes interactivos. Estos manifestaron que el sonido se producía cuando ganaban el juego y que los ayudó asegurar la victoria en el juego. Por ejemplo: “*Si, significaba que tu equipo ganó*”, “*Las identifique, significaban la meta final o cuando ganaban*” y “*Significaba que ganabas el juego*”.

El 81% de los estudiantes observaron los mensajes que mostraban los juguetes interactivos en su *display*. Entre los comentarios que se recibieron se encuentra que los mensajes le brindaban información acorde al color de los países que les correspondía, si las respuestas habían sido correctas o incorrectas y el tiempo que tenían para contestar cada una de las preguntas. Por ejemplo: “*Los mensajes era el tiempo*”, “*Te decía el color del mapa y te aparecía las respuestas a las preguntas*” “*Si, para saber el tiempo, el color y lo correcto e incorrecto*” y “*El tiempo que te quedaba para responder*”.

2- ¿Qué te gustó de los personajes de *Hulk e Iron Man*?

Los estudiantes indicaron que les gustó el uso de los juguetes interactivos añadiendo que son fáciles de utilizar, que su forma y figura era buena, que tenían luces y colores llamativos, además de ser pequeños y fáciles de sostener. A continuación, se presentan algunos de los comentarios: “*Que eran chiquitos*”, “*Que son fáciles de usar*” y “*la forma*”.

3- ¿Te gustaría jugar con otros juegos como El Conquistador y juguetes interactivos como *Hulk e Iron Man*?

El 81% de los estudiantes entrevistados indicaron que les gustaría jugar con otros juegos como El Conquistador utilizando juguetes interactivos, principalmente porque fue muy divertido jugar con los juguetes interactivos. Por ejemplo: “*Sí, porque me pareció muy divertido*”.

4- ¿Qué cosas te gustaron más de este juego que de los juegos con un celular, *Tablet o play station*?

Los comentarios hacen mención principalmente que es algo distinto a lo tradicional, es divertido y puede ser jugado en grupo. Entre los comentarios se destacan los siguientes: “Que se puede jugar con muchas personas”, “Es algo para jugar con familia o amigos”, “Es una distinta manera de jugar y más divertida”, “Que jugamos en grupo y es lo que más me gusto”, “Su temática”, “Me gustó porque tiene distintas formas de interacción” y “Que los puedes usar con las manos”.

5- ¿Cuál efecto te gustó más de Hulk o Iron Man?

En la Figura 6.9 se aprecia que el *feedback* con mayor relevancia consistió en el efecto visual, el cual consiste en otorgar las vidas a los juguetes. En menor grado los estudiantes expresaron que el efecto textual fue el que más les gustó, siendo éste el encargado de brindar mensajes si las respuestas habían sido correctas o incorrectas, color de los países que le pertenecían y el tiempo para responder a cada pregunta. Finalmente, con menor porcentaje se encuentran los sonidos, los cuales se presentaban al ganar o perder vidas, así como al completar el juego.

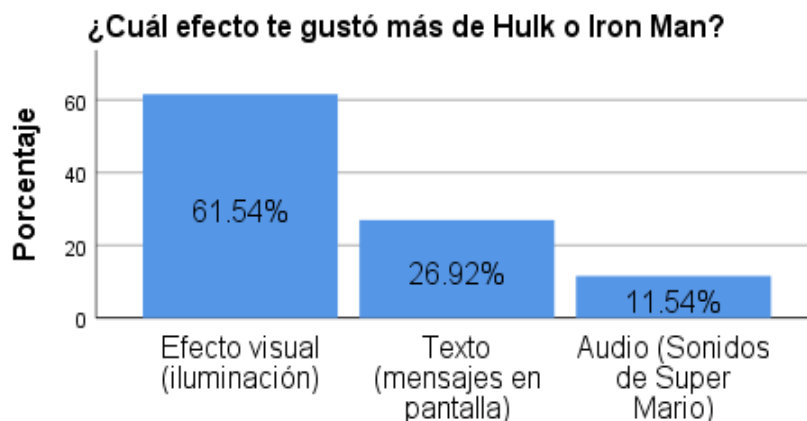


Figura 6.9. Resultados del agrado de los efectos en los juguetes interactivos con los estudiantes de secundaria.

6- ¿Qué combinación de efectos te gusta más?

La Figura 6.10 muestra los resultados de la combinación de efectos que más les gusta a los estudiantes de secundaria. Fueron seleccionadas las cuatro combinaciones presentadas. No obstante, el 46.15% de los estudiantes seleccionaron la combinación audiovisual como la más agradable. Está combinación consiste en los sonidos cuando se ganaba el juego, las vidas representadas en luces y los mensajes de texto.

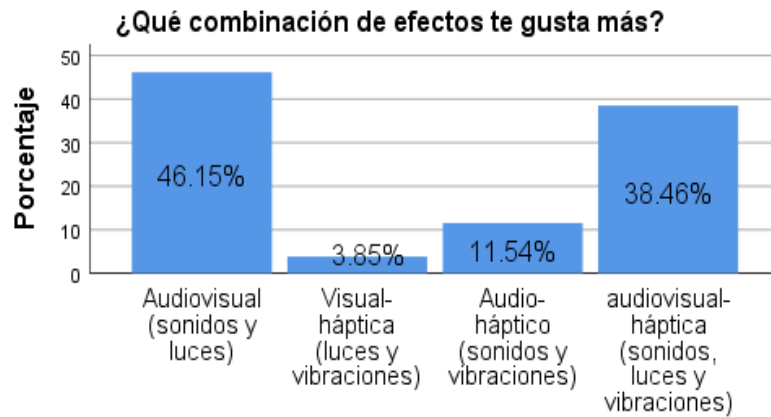


Figura 6.10. Resultados de combinación de efectos que les gusta más a los estudiantes de secundaria.

6.3.3. Docentes

Durante las sesiones realizadas con los estudiantes participaron 5 docentes, a los cuales fue posible aplicar un cuestionario de satisfacción. Todos los docentes estuvieron presentes durante las actividades educativas donde los estudiantes jugaban El Conquistador y manipulaban los juguetes interactivos.

Los resultados del cuestionario indicaron la perspectiva de los docentes con las actividades educativas a través del juego El Conquistador. Todos los docentes tuvieron percepciones muy positivas sobre el uso de juguetes interactivos basados en IT para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Los resultados del cuestionario que demuestran los gustos, tipos de actividades, tipos de *feedback*, y beneficios de los juguetes interactivos indicados por los docentes se muestran en la Tabla 6.10. En la tabla se exponen los resultados más destacados, se han omitido comentarios en donde únicamente se tuvo como respuesta un “sí”.

Tabla 6.10. Resultados de la encuesta a los docentes.

Preguntas	Respuestas
¿Les gustó la actividad? ¿Qué les gustó de la actividad?	<ul style="list-style-type: none"> -Me gustó el carácter de la propuesta para integrar contenidos con la tecnología. -Sí, resultó muy atractiva la metodología, los objetos y el hecho de jugar en grupo. -Sí, la posibilidad de los alumnos de ver otra forma de comunicarse con la computadora. -Sí me gustó mucho, las caras de emoción por lo nuevo. Los diseños.

Preguntas	Respuestas
¿Consideran que los objetos interactivos (<i>Hulk e Iron Man</i>) pueden ser atractivos y de interés para llevar adelante actividades educativas?	-Sí, es una manera muy didáctica para el repaso de contenidos. -Sí, me parecen muy atractivos por los personajes, música, colores y novedosos. -Sí, son muy interesantes y atractivos para los alumnos.
¿En qué tipos de actividades educativas se podrían integrar juguetes interactivos?	-Evaluaciones, actividades innovadoras para repasar temas. -En general en todas las actividades del colegio, se podrían buscar objetos acordes. -Para afianzar conocimientos previos. -En actividades de repaso para prepararse para evaluaciones.
¿Qué tipos de feedback le parecen más atractivos para sus alumnos en los objetos interactivos?	- <i>Display</i> y luces. -Las luces y las respuestas en el <i>display</i> . -Las luces que indican las vidas.
¿Qué aspectos encuentran beneficiosos en este tipo de tecnologías?	-Brinda la posibilidad de conocer/ampliar el área del conocimiento. -Acercamiento de la tecnología a los alumnos más allá de utilizados a diario por ellos. -La interacción con elementos tangibles como juguetes que les resultan familiares y atractivos. -El juego con una herramienta tecnológica es más cercano al alumno en su vida cotidiana y hacer más divertida y agradable la actividad educativa. -Es novedoso y genera curiosidad en los alumnos.
¿Si tuvieran la oportunidad de implementar juguetes interactivos para actividades educativas, lo harían? ¿Qué tipo de juguetes? ¿Fomentaría la participación de los estudiantes en las actividades educativas?	-Sí, la mesa es muy importante. -Sí, lo hiciera con juguetes que fueran apropiados a la edad y en las cuales sientan admiración. Claramente fomentaría la participación de los estudiantes. -Sí lo hiciese. Con juguetes de personajes famosos. -Sí, juguetes tipo deportivos y por supuesto fomentaría la participación.

En general, los resultados exteriorizan que los juguetes interactivos basados en IT fueron divertidos y agradables, pueden apoyar los procesos de aprendizaje sobre todo en actividades de repaso debido a que los juguetes favorecen las experiencias de aprendizaje para que los estudiantes puedan desarrollar sus capacidades sensoriales y aprender a través de la exploración.

6.4. Discusión

En esta discusión, se reúne la información recolectada durante el análisis y se discute la influencia de los juguetes interactivos basados en IT en actividades educativas.

Luego de la implementación del juego El Conquistador y los juguetes interactivos en actividades educativas, los usuarios finales fueron encuestados y entrevistados en cuanto a la motivación intrínseca y usabilidad del sistema. Para ello, tuvieron que responder una serie de preguntas con una escala tipo Likert de cinco puntos, apoyado con pictogramas basados en *Smileyometer*. Todos los resultados fueron mostrados en la sección 6.3.

Los resultados mostraron una buena motivación intrínseca, los juguetes interactivos acorde a las subescalas de interés y disfrute, competencia percibida y, presión y tensión tuvieron derivaciones satisfactorias. Esto coincide con la afirmación de Kirriemuir & Futurelab (2004) y Vos, Van Der Meijden & Denessen (2011) que indican que este tipos de juegos aumentan el interés al presentar actividades de aprendizaje en contextos significativos en donde el alumno tiene el control.

Por consiguiente, a través de los resultados obtenidos se indica que los juguetes interactivos basados en IT resultan motivadores para el desarrollo de actividades educativas. Los diferentes canales sensoriales utilizados para brindar *feedback*, se mostraron como motivadores en el juego y brindan diferentes posibilidades para que el estudiante pueda autorregularse, conocer acerca de su desempeño y tener más control sobre la propia actividad.

A continuación, en la Tabla 6.11 se presenta una comparación de los resultados estadísticos del cuestionario IMI. En la misma se puede apreciar las diferencias entre los niveles educativos.

Tabla 6.11. Resultados estadísticos de primaria y secundaria del cuestionario IMI.

	Est. Primaria		Est. Secundaria	
	Media	Desv. Desviación	Media	Desv. Desviación
Interés y disfrute	26.43	1.718	23.65	4.841
Competencia percibida	15.43	.976	12.73	3.027
Presión y tensión	15.14	3.625	13.08	3.520

Al comparar los resultados de los estudiantes de primaria y secundaria se puede observar una mayor motivación intrínseca en los estudiantes de primaria, sobre todo en la subescala de interés y disfrute (Figura 6.11). Por tanto, pareciera que el juego logró una mayor motivación intrínseca en los estudiantes de primaria en comparación con los de secundaria.

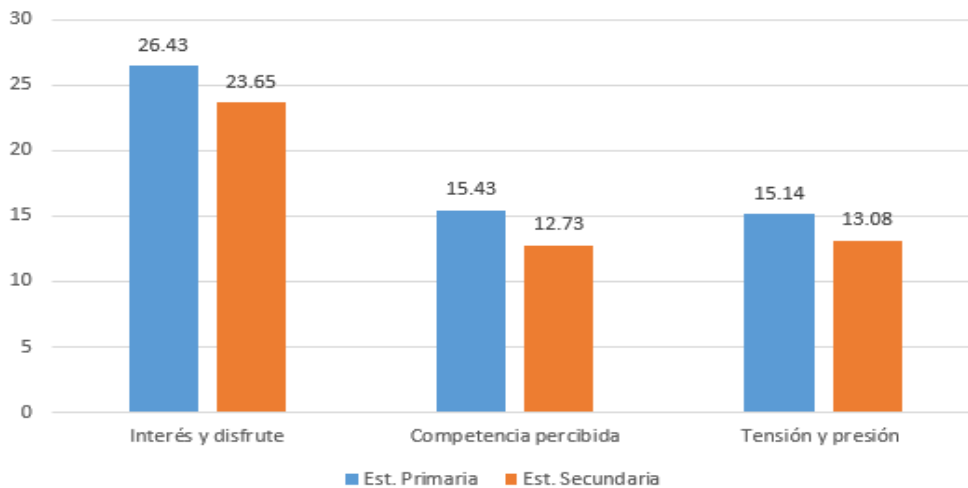


Figura 6.11. Comparación de medias de subescalas de IMI.

Por otra parte, los resultados del cuestionario SUS expusieron la existencia de una facilidad de uso promedio en cuanto al uso de los juguetes interactivos y la aplicación en general. En la Tabla 6.12 se exponen los resultados de los estudiantes de primaria y secundaria del cuestionario SUS.

Tabla 6.12. Resultados estadísticos de primaria y secundaria del cuestionario SUS.

	Est. Primaria		Est. Secundaria	
	Media	Desv. Desviación	Media	Desv. Desviación
SUS	69.0476	21.76489	68.2692	15.50434

Los resultados indican que existe una leve ventaja de facilidad de uso de los estudiantes de primaria en comparación con los de secundaria. Esto revela que los estudiantes de primaria encontraron a los juguetes interactivos en conjunto con la aplicación más fáciles de usar.

Asimismo, la mayoría de los estudiantes evaluados lograron identificar los diferentes efectos de los juguetes interactivos para generar *feedback* sobre las acciones realizadas durante el juego. No obstante, hay que remarcar que los efectos visuales tuvieron un mayor peso respecto a los demás efectos.

Las luces utilizadas para representar la cantidad de vidas constituyeron el *feedback* más representativo y el que con mayor facilidad lograron identificar su significado. A partir de esa representación los estudiantes lograron autorregularse en cuanto a la cantidad de oportunidades de juego, la cantidad de fallas que podían llegar a tener y con ello tratar de plantear una estrategia sobre si escoger uno u otro país para conquistar.

También, los mensajes de texto tuvieron la atención de los estudiantes, quienes identificaron los diferentes textos que se mostraban y en qué les ayudaba. En algunos casos, se resaltó la atención al *feedback* de correcto o incorrecto y en otros, al tiempo disponible para responder a cada pregunta, ya que esto les posibilitaba organizarse con su compañero para tratar de dar con la respuesta correcta.

En menor grado, los estudiantes identificaron el efecto de audio y háptico. Los que lograron escuchar los sonidos y sentir las vibraciones pudieron identificar en qué situaciones y con qué significado se producían. En particular, consiguieron identificarlo en dos acciones durante el juego, una de ellas al perder vidas y otra al ganar el juego.

El *feedback* sonoro produjo en los estudiantes satisfacción, ya que el sonido reproducido representaba haber ganado el juego, esto generó que los estudiantes comprendieran que habían cumplido el objetivo sin la necesidad de recibir un comentario por parte de las personas de apoyo. Para los que perdieron el juego se producía un sonido. Este sonido no fue siempre percibido ya que se generaba algarabía por los ganadores, y en varios casos, fue ignorado.

Por otra parte, a pesar de que algunos estudiantes lograron sentir las vibraciones muchos no lograron identificar su significado y en qué les podía ayudar. Por tanto, en estos juguetes interactivos el *feedback* a través de vibraciones no fue representativo, no favoreció la atención o involucramiento en el juego.

En la Figura 6.12 se muestra una comparación de los *feedback* identificados por los estudiantes de primaria y secundaria. Los estudiantes de primaria tuvieron un mayor involucramiento con los juguetes interactivos, en mayor proporción pudieron identificar las diferentes formas en las que se les proporcionaba *feedback*. Por ejemplo, las luces y mensajes de texto pudieron ser identificadas por todos los estudiantes. Además, se puede apreciar una vez más que los niveles más bajos los presentan las vibraciones.

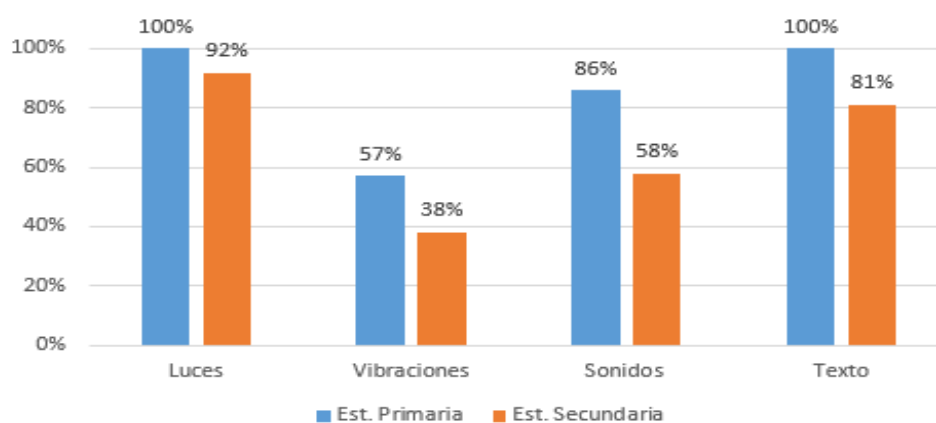


Figura 6.12. Comparación de *feedback* identificados por parte de los estudiantes.

La utilización de los diferentes efectos empleados, principalmente el audiovisual logró despertar y utilizar en los estudiantes diferentes canales sensoriales. El *feedback* sobre la tarea ejercido por parte de los juguetes interactivos favoreció la atención y el control de los estudiantes respecto si las acciones/respuestas dadas eran correctas o incorrectas.

Durante las sesiones realizadas se pudo observar que los estudiantes mostraron agrado con los personajes, les pareció atractivo que fueran personajes conocidos por ellos, les gustó su forma, el *feedback* ofrecido y les pareció original la utilización de juguetes interactivos. Aunado a lo anterior, la utilización y distribución de los diferentes componentes de la interfaz fue percibida como agradable y fácil de usar, esto también fue reflejado en el cuestionario SUS.

Además, a partir de la pregunta ¿Qué cosas te gustaron más de este juego que de los juegos con un celular, *Tablet* o *play station*? Los estudiantes indican que la utilización de juguetes interactivos les resultó atractivo y representa un aspecto positivo respecto de los juegos en celulares, *Tablets* o consolas de videojuegos.

En la Figura 6.13 se muestran los efectos seleccionados que más les gustaron a todos los estudiantes. En ninguno de los casos seleccionaron las vibraciones como el efecto que más les gustó. A los estudiantes de secundaria les gustó más hasta en un 18.68% los efectos visuales y en un 12.63% más los mensajes de texto que a los de primaria, mientras que los estudiantes de primaria les gustó en un 31.32% más los efectos de audio en comparación con los de secundaria.

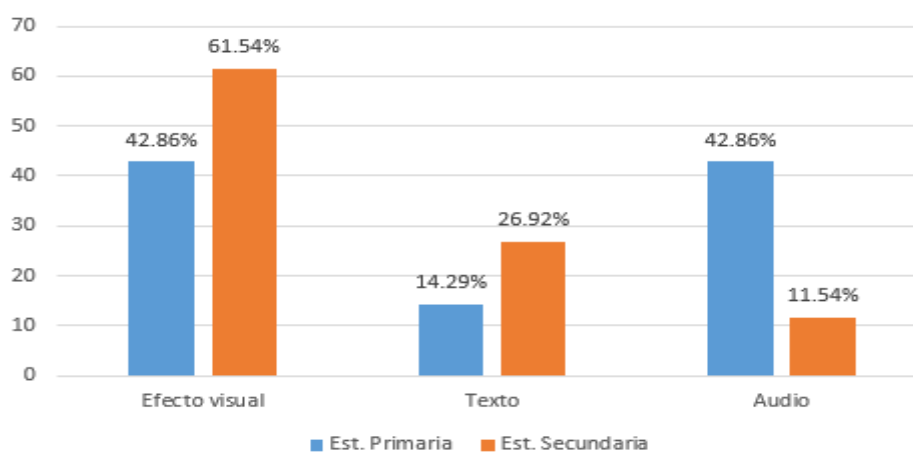


Figura 6.13. Comparación de resultados del agrado de efectos de los juguetes interactivos.

En cuanto a la combinación de efectos que más les gustó a los estudiantes en la Figura 6.14 se presentan los resultados. En general a los estudiantes les gustó la triple combinación (audiovisual, vibraciones y texto) de efectos. No obstante, los resultados indican que a los estudiantes de primaria les gustó un 33% más la combinación triple en comparación con los

de secundaria, y a los estudiantes de secundaria les gustó 17.6% más la combinación audiovisual en relación con los de primaria.

A pesar de que el efecto háptico no tuviera implicación por sí solo, en combinación con los demás efectos fue valorado. Proporcionalmente, la combinación audiovisual y háptico es el de mayor relevancia y cada uno de los efectos generó valor en los estudiantes a través del *feedback* sobre la tarea y autorregulación.

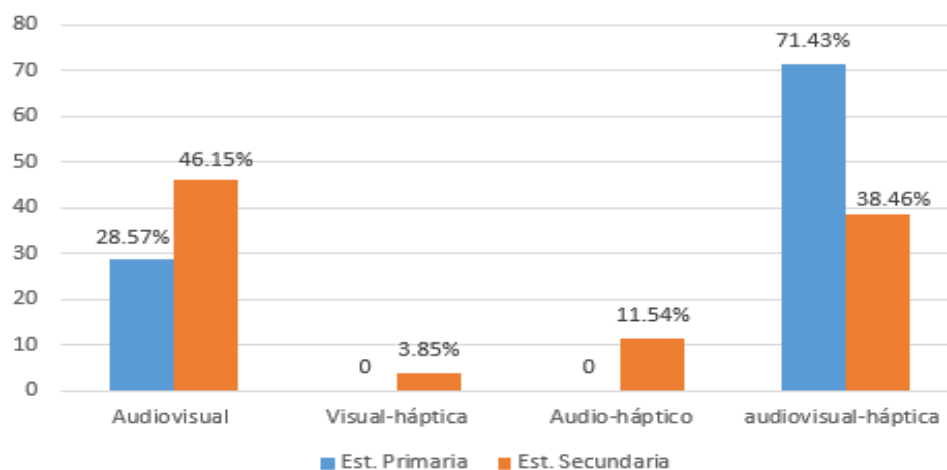


Figura 6.14. Comparación de resultados de combinación de efectos de los juguetes interactivos.

Por otra parte, los docentes evaluados a través de un cuestionario confirman los resultados alcanzados por parte de los juguetes interactivos con la aplicación IT, en los estudiantes. Ellos expresaron que las actividades fueron del agrado de la mayoría y que ésta posibilita a los estudiantes ver otra forma de comunicarse con la computadora, además de ser una propuesta innovadora para integrar contenidos educativos con la tecnología. También, añadieron que son actividades con una metodología atractiva, así como el hecho de poder jugar en equipos.

Lo anterior coincide con los resultados encontrados a partir del análisis de experiencias y actividades de IT utilizando objetos activos (Capítulo IV). En el análisis se encontró que este tipo de tecnologías en actividades educativas posibilita el desarrollo de habilidades sociales, trabajo colaborativo, brindar nuevas experiencias de juego y aprendizaje, reducir el conflicto entre los modelos digitales y el diseño de los elementos tangibles, y crear actividades más agradables y divertidas (Arif et al., 2016; Bekker, Sturm, Wesselink, Groenendaal, & Eggen, 2008; Cruz et al., 2019; Hinske et al., 2009; Okerlund et al., 2016; Riedenklau et al., 2010; van Huysduynten et al., 2016).

Además, los docentes comentan que se podría integrar juguetes interactivos en cualquier tipo de actividad educativa del centro educativo. Para ello se debe establecer los tipos de objetos acorde a la materia o actividad que se desea apoyar con estas tecnologías. Al igual que

Okerlund et al. (2016) los docentes indicaron que estas actividades se podrían aplicar en actividades de recuperación de conocimientos previos, repaso de temas o preparar a los estudiantes para una evaluación. Esta recuperación de conocimientos permitiría a los estudiantes activar, adquirir y desarrollar habilidades para potenciar la construcción de nuevos conocimientos significativos (Cruz, Sandí, & Víquez, 2017; Sandí & Cruz, 2017).

En concordancia con los resultados de los estudiantes, los docentes manifestaron que el efecto con mayor interés para los alumnos radica en lo audiovisual, principalmente en las luces que presentaron los juguetes interactivos y los mensajes de textos mostrados en los *displays*. Los efectos audiovisuales empleados para generar *feedback* fueron los más llamativos, y es aquí donde se pueden captar, mantener y aumentar el interés de los estudiantes mientras se genera un proceso de transmisión de conocimientos (Ribas, 2001; Soler-Adillon, 2012).

Además, los docentes ven a los juguetes interactivos basados en IT como novedosos, capaces de generar curiosidad en los estudiantes y con la posibilidad de ampliar el área del conocimiento a través de la interacción que se generan entre los usuarios, *tabletops* y los juguetes, sobre todo con la capacidad que tienen estas tecnologías para proveer *feedback*.

Debido a los beneficios presentados, todos los docentes indicaron que si tuvieran la oportunidad de implementar juguetes interactivos basadas en IT para actividades educativas lo harían. Implementarían juguetes que incorporen personajes apropiados a la edad del público meta y a la dinámica de la actividad, ya que claramente estos fomentarían la participación de los estudiantes en las actividades educativas. Y es que cuando se extiende el disfrute de los estudiantes estos aumentan la motivación intrínseca y con ello la participación en las actividades (Karimi & Lim, 2010).

Finalmente, las observaciones realizadas destacan que los tipos de *feedback* implementados en los juguetes interactivos, como el *feedback* sobre la tarea y *feedback* autorregulación fueron determinantes para la participación y ejecución de juego. Principalmente porque a través del *feedback* los participantes obtuvieron y analizaron información para participar y explorar el juego. Por tanto, al igual que todas las actividades analizadas en el Capítulo IV el principal tipo de *feedback* empleado fue el *feedback* sobre la tarea, el cual también fue otorgado a través de distintas modalidades (texto, luces, sonido).

A través de los tipos de *feedback*, se pudo identificar que los estudiantes, sin necesidad de ayuda por parte de los colaboradores y organizadores, pudieron en gran parte contestar las preguntas del juego, verificar si las respuestas fueron correctas o incorrectas, identificar si

ganaron o perdieron vidas, aplicar alguna estrategia para la elección del país por atacar e identificar cuando ganaron o perdieron el juego.

En consecuencia, con los tipos de *feedback* empleados, se coincide con los resultados del análisis de actividades educativas expuestas en el capítulo IV que las combinaciones de *feedback* empleadas en los juguetes interactivos (luces, texto, sonidos y vibraciones) favorecieron la atención y exploración de los estudiantes.

6.5. Conclusiones

En este capítulo se llevó a cabo un análisis de resultados del estudio de caso con una aplicación IT y juguetes interactivos, con el objetivo de evaluar el impacto que tienen los juguetes interactivos en los estudiantes y/o docentes. El estudio de caso consistió en el desarrollo de una actividad educativa a través de un juego basado en IT con juguetes interactivos. Este estudio de caso fue evaluado por medio de instrumentos como: cuestionario IMI, cuestionario SUS, entrevista y registro de observación, y cuestionario de satisfacción a docentes. Los datos recolectados fueron analizados a través de la herramienta SPSS (ver Figura 6.15).

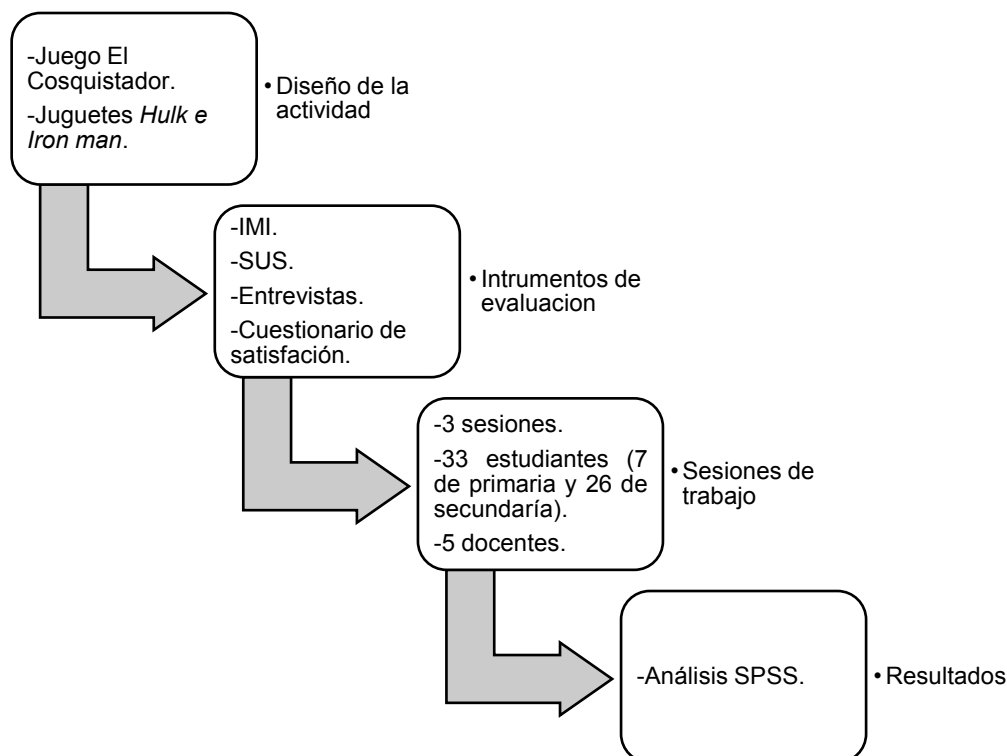


Figura 6.15. Diagrama del proceso del estudio del caso.

A partir del análisis de los resultados se pudo dar respuesta a los objetivos planteados para el caso de estudio. Entre las fortalezas y debilidades de los juguetes interactivos, se identificó fortalezas positivas en cuanto al alto nivel de interés y disfrute, y al mismo tiempo, baja presión

y tensión, así como una facilidad de uso promedio. Sin embargo, se obtuvieron resultados intermedios en la competencia percibida. En diálogo con los alumnos y a partir de las observaciones, este resultado se vio influenciado por las preguntas educativas que debían responder durante el juego.

Se evidenció que la mayoría de los estudiantes lograron utilizar los juguetes sin dificultades. En general, a los estudiantes le gustó jugar con los juguetes interactivos, pudiendo con ello identificar las diferentes funcionalidades, como reconocer las luces, sonidos, vibraciones y mensajes. Asimismo, al 85% de los estudiantes evaluados les gustaría jugar con otros juegos como El Conquistador y juguetes interactivos.

Finalmente, los estudiantes y docentes tuvieron buenas valoraciones para los diferentes tipos de *feedback*. En particular, las mejores puntuaciones fueron el *feedback* visual, tanto las luces como los mensajes de texto, mientras que las vibraciones alcanzaron las puntuaciones más bajas.



CAPÍTULO VII.

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

7.1. Introducción

En este capítulo se presentan las conclusiones de la tesis, la cual tuvo como objetivo principal investigar las posibilidades de los juguetes interactivos en actividades educativas basadas en IT.

En los últimos años las tendencias en las tecnologías informáticas, tales como los sistemas tangibles se han orientado a mejorar las interacciones entre el ser humano y el ordenador, esto representa también un potencial para los procesos educativos, y el desarrollo de actividades educativas mediadas por tecnologías digitales que fortalezcan la enseñanza y el aprendizaje.

En la próxima subsección, se presentan las principales conclusiones de la tesis.

Posteriormente, se indican las futuras líneas de investigación para seguir potenciando las actividades educativas a través de juguetes interactivos basados en IT.

7.2. Conclusiones

El objetivo principal de esta investigación ha sido desglosado en 7 sub-objetivos, los cuales se han logrado cumplir debido a que:

- Se han estudiado y expuesto los conceptos básicos de IT.
- Se han estudiado y analizado los objetos tangibles, *tabletops* y tecnologías como *Arduino* y *Raspberry* (Anexo II: Tecnologías para el desarrollo de juguetes interactivos) para la creación de juguetes interactivos.
- Se han analizado 10 antecedentes con la utilización de objetos activos (algunos de ellos, juguetes interactivos) en actividades educativas basadas en IT y se han elaborado conclusiones. Los resultados fueron publicados en “*Analyzing Experiences with Active Objects in Interaction-Based Educational Activities*” (Cruz et al., 2019).
- Se han diseñado e implementado 2 juguetes interactivos, que han sido integrados en actividades educativas basadas en IT.
- Se ha evaluado y analizado el impacto de los juguetes interactivos en los estudiantes y docentes, lo que permitió reconocer las posibilidades y capacidades de estos juguetes en un contexto educativo específico y la opinión de los principales actores involucrados.

En particular, para el objetivo 1 (estudiar los conceptos básicos de IT) se ha realizado una revisión bibliográfica la cual ha sido descrita en el Capítulo II. Este capítulo permitió dar contexto al presente trabajo de investigación a través diferentes conceptos teóricos.

Se expuso el concepto de IPO, con el propósito de dar a conocer el área en el que se involucran las tecnologías emergentes que buscan desarrollar nuevas estrategias de interacción. Además, se presentaron las disciplinas que se encuentran involucradas con IPO, que constituye un campo multidisciplinario capaz de integrar tecnologías en diferentes entornos (hogares, oficinas, ciudades, centros educativos, etc.), y a partir de ello, se indican los diferentes paradigmas de interacción, modelos para brindar respuesta a la necesidad de crear interfaces. Entre estos paradigmas se encuentra la IT.

El objetivo 2: “Estudiar y analizar las tecnologías actuales que permitan la creación de juguetes interactivos”, fue desarrollado en el Capítulo III. Este capítulo indica los tipos de objetos tangibles y herramientas para la creación de juguetes interactivos.

El capítulo presenta a la IT como un pilar fundamental de esta investigación, la razón consiste en que este paradigma contiene las características y posibilidades de combinar el mundo físico real acoplado información digital en objetos tangibles. En este campo, las *tabletops* y superficies interactivas han tenido gran auge por sus posibilidades para la interacción grupal.

Además, los objetos tangibles en la que se puede acoplar información digital son entidades físicas y reales. Pueden tener diferentes formas y capacidades. Se pudo identificar que los objetos tangibles se clasifican en pasivos y activos. En particular, se encontró que los objetos activos pueden ser construidos a través de diferentes tecnologías electrónicas, entre ellas, *Arduino* y *Raspberry*. Estos aspectos fueron considerados los adecuados para crear los juguetes interactivos diseñados en esta tesis.

El objetivo 3 de analizar antecedentes con la utilización de juguetes interactivos en actividades educativas basadas en IT, fue desarrollado en el Capítulo IV. En este capítulo se llevó a cabo un análisis de 10 experiencias en las que se utilizan objetos activos basados en IT. Los antecedentes fueron seleccionados a través de un proceso de revisión bibliográfica, contemplando como criterio de búsqueda generar: experiencias de IT, actividades educativas y objetos activos, en particular juguetes interactivos. La búsqueda fue realizada en las bases de datos *AMC Digital Library* y *Springer*.

Para analizar las experiencias se plantearon 9 criterios clasificados en 4 categorías: aspectos generales, aspectos vinculados a la IT, TUIs y metodológico educativo. Estos criterios permitieron extraer y comparar información valiosa de cada una de las experiencias. Se logró

encontrar experiencias que compartan características para determinadas poblaciones. Por ejemplo, para usuarios finales cuyo nivel académico fue clasificado como primario se encontraron 4 antecedentes que compartían las mismas características. Eran actividades expresivas donde los participantes son los encargados de recrear sus propias ideas en representaciones digitales, los objetos suministraban *feedback* de autorregulación, se presentaban relaciones entre los sistemas de diversos objetos y tenían una misma representación en el mundo físico que en el digital.

Más allá de las características y cualidades que se observaron en las experiencias, a partir del análisis se identificó que los objetos activos tienen la posibilidad de brindar nuevas experiencias de juego y aprendizaje, pueden integrar diferentes componentes electrónicos para generar *feedback* visual, auditivo y háptico para animar los usuarios a participar y generar juegos constructivos.

El desarrollo de los objetivos 4, 5 y 6 (diseñar juguetes interactivos que puedan involucrarse en actividades educativas basadas en IT acorde a los antecedentes estudiados, implementar los juguetes interactivos y aplicarlos en un estudio de caso, y evaluar el impacto que tienen los juguetes interactivos en los estudiantes y/o docentes involucrados en el caso) corresponde al diseño de los juguetes interactivos, la implementación de los juguetes en una actividad educativa y la evaluación de los mismos en el marco del estudio de caso. Esto fue presentado en el Capítulo V.

En el Capítulo V se presenta un estudio de caso que tuvo como objetivos: (i) identificar fortalezas y debilidades de los juguetes interactivos diseñados en una actividad educativa, (ii) conocer la opinión de los estudiantes sobre la utilización de los juguetes, (iii) conocer la valoración que realizan los estudiantes y docentes de diferentes tipos de *feedback*. Para ejecutar el estudio del caso se procedió a diseñar una actividad educativa con juguetes interactivos.

Por consiguiente, a través del Instituto de Investigación en Informática LIDI se desarrolló un juego de IT sobre una *tabletop*. El juego desarrollado lleva como nombre El Conquistador y consiste un juego de preguntas y respuestas, el cual tiene como objetivo la integración de temas trabajados en un proceso educativo. Por consiguiente, puede ser empleado para la recuperación de conocimientos.

Para poder jugar el juego del Conquistador se diseñaron e implementaron dos juguetes interactivos. Se trata de objetos activos construidos con diversos materiales y componentes electrónicos *Arduino*, que a través de un protocolo de comunicación pueden conectarse con el juego El Conquistador.

Para realizar el estudio del caso se organizaron 3 sesiones de trabajo con alumnos y/o docentes en donde participaron de una actividad educativa basada en IT con los juguetes interactivos. Se obtuvo la participación total de 33 alumnos y 5 docentes. 7 alumnos de primaria que participaron en dos sesiones en la Facultad de Informática de la UNLP y 26 alumnos en una tercera sesión realizada en el Colegio Nacional Rafael Hernández. Las sesiones fueron evaluadas a través de una entrevista, un cuestionario IMI y SUS, y registro de observación, la cual fue documentada con material fotográfico (Anexo III: Documentación fotográfica). Los cuestionarios fueron administrados al finalizar cada sesión de trabajo.

Finalmente, el objetivo 7 (elaborar un análisis de resultados obtenidos) se expone en el Capítulo VI. Este capítulo contiene el análisis de los resultados de las sesiones llevadas a cabo como parte del estudio del caso. Para obtener los resultados se procedió a recolectar y digitalizar las evaluaciones realizadas a los alumnos y docentes a través de la herramienta SPSS.

En relación con los resultados obtenidos a partir del cuestionario IMI, se evidencia a nivel general que:

- Los estudiantes de primaria tuvieron un muy alto interés y disfrute de los juguetes interactivos y el juego durante la actividad educativa.
- Los estudiantes de primaria tuvieron una alta competencia percibida durante la actividad educativa.
- Los estudiantes de primaria tuvieron una baja presión y tensión al utilizar los juguetes interactivos durante la actividad educativa.
- Los estudiantes de secundaria tuvieron un alto interés y disfrute en los juguetes interactivos y el juego durante la actividad educativa.
- Los estudiantes de secundaria tuvieron una regular competencia percibida durante la actividad educativa.
- Los estudiantes de secundaria tuvieron una baja presión y tensión durante la actividad educativa utilizando los juguetes interactivos.
- En general, los estudiantes tuvieron una buena motivación intrínseca en las actividades educativas utilizando el juego y los juguetes interactivos.

Además, entre las principales conclusiones a partir de las evaluaciones del cuestionario SUS se destaca que:

- Los juguetes tuvieron una buena usabilidad en los estudiantes de primaria y secundaria. En general los juguetes presentan una facilidad de uso promedio, es decir, los estudiantes pudieron jugar con los juguetes interactivos durante la actividad educativa.

Respecto a las entrevistas/cuestionarios realizados a los estudiantes se pudo identificar que:

- La mayoría de los estudiantes pudo identificar y comprender los diferentes efectos de los juguetes interactivos a través de los cuales se proveía *feedback*.
- A los estudiantes le gustaron los juguetes interactivos, principalmente por presentar un diseño con personajes reconocidos, fáciles de usar e incluían diferentes componentes para generar *feedback*.
- Los estudiantes encontraron divertidos los juguetes interactivos y les gustaría volver a jugar con otros juegos como El Conquistador.
- A los estudiantes le gustaron más los efectos visuales (luces) en comparación con otros efectos como los de texto, audio y háptico.
- A los estudiantes les gusta más la combinación de efectos audiovisual y háptica.

Por otra parte, el cuestionario aplicado a los docentes determinó que:

- Los docentes encuentran agradables las actividades educativas a través de juguetes interactivos basados en IT.
- Los docentes consideran que los juguetes interactivos son atractivos y de interés para realizar actividades educativas, principalmente para el repaso de contenidos.
- Los docentes consideran que podrían integrar juguetes interactivos en diferentes tipos de actividades educativas, entre ellas actividades de repaso para afianzar conocimientos previos. Siempre y cuando los juguetes sean acordes de las actividades.
- Los docentes creen que los *feedback* audiovisuales son lo más atractivos para sus alumnos.
- Los docentes encuentran a los juguetes interactivos y los juegos basados en IT beneficiosos para ser utilizados en procesos de enseñanza y aprendizaje. Lo anterior, debido a que consideran que permite ampliar el área del conocimiento y hacen más atractivas y agradables las actividades educativas.
- Los docentes utilizarían este tipo de tecnologías en actividades educativas si tuvieran los medios y posibilidades de hacerlo. Principalmente porque consideran que fomenta la participación de los estudiantes en las actividades.

Finalmente, se identificó que la principal fortaleza de los juguetes interactivos consistió en la capacidad de generar diferentes tipos de *feedback*, la atracción que demostraron en los estudiantes y docentes y las posibilidades para crear actividades más motivadoras, en las que los alumnos se involucran activamente. Sin embargo, la utilización del *feedback* háptico no fue un componente preponderante en el desarrollo de las actividades, y este aspecto se seguirá abordando en futuros estudios con mayor profundidad.

Además, los estudiantes tuvieron opiniones positivas respecto a los juguetes interactivos, destacaron que son juguetes divertidos, fáciles de usar y que pueden ser utilizados para jugar en grupo. Asimismo, los docentes y los estudiantes tuvieron una buena percepción sobre los diferentes tipos de *feedback*, principalmente considerando que los audiovisuales fueron los mejores. Estos *feedback* utilizados permitieron a los estudiantes autorregularse, confirmar y ajustar la información presentada durante la actividad educativa.

7.3. Trabajos futuros

A raíz de los resultados obtenidos, se indica que los juguetes interactivos tienen posibilidades de ser utilizados en actividades educativas basadas en IT y potenciar la motivación intrínseca para fomentar la participación de los alumnos en las actividades. Pueden ser trabajados y diseñados para el tratamiento de diferentes tipos de *feedback* y esto abre nuevas líneas de investigación.

Los resultados de esta investigación no son más que un punto de partida para continuar con el desafío de mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje, a través de las tecnologías como los juguetes interactivos. Se abren así diferentes líneas de investigación relacionadas con el área de tecnología y educación, que pueden hacer uso de este tipo de estrategias.



CAPÍTULO VIII.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8.1. Referencias bibliográficas

- Abowd, G. (1991). *Formal Aspects of Human-Computer Interaction*. Oxford. Recuperado de <http://www.cs.ox.ac.uk/files/3423/PRG97.pdf>
- Afergan, D. (2014). Using Brain-Computer Interfaces for Implicit Input. *User Interface Software and Technology*, 13–16. <https://doi.org/10.1145/2658779.2661166>
- AIPO. (2001). ¿Qué es AIPO? Recuperado de <http://aipo.es/node/1>
- Altakrouri, B., Carlson, D., & Schrader, A. (2013). Sharing kinetic interactions for mobile devices. En *Design, User Experience, and Usability* (Vol. 8014 LNCS, pp. 327–336). Luebeck: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39238-2_36
- Anastasiou, D., & Ras, E. (2017). A Questionnaire-based Case Study on Feedback by a Tangible Interface. En *SmartLearn* (pp. 39–42).
- Arduino. (2019). What is Arduino? Recuperado de <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Arif, A. S., Manshaei, R., Delong, S., East, B., Kyan, M., & Mazalek, A. (2016). Sparse Tangibles: collaborative exploration of gene networks using active tangibles and interactive tabletops. En *Proceedings of the TEI '16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction* (pp. 287–295). Eindhoven, Netherlands: ACM. <https://doi.org/10.1145/2839462.2839500>
- Arteaga, J., Hernández, Y., Amador, V., Chavarría, A., Calderón, M., Collazos, C., ... Hernández, D. (2014). *Temas de Diseño en Interacción Humano-Computador*. LATIn.
- Artola, V. (2013). *Interacción tangible en aplicaciones educativas. Diseño e implementación de un prototipo basado en este paradigma de interacción orientado al aprendizaje colaborativo*. Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10915/46826>
- Artola, V., Sanz, C., Gorga, G., & Pesado, P. (2014). Diseño de un juego basado en Interacción Tangible para la enseñanza de Programación. En *XX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación* (pp. 1–10). Buenos Aires: SEDICI. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/42131>
- Bekker, T., & Eggen, B. (2008). Designing for children's physical play. En *CHI '08 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2871–2876). Florence, Italy: ACM. <https://doi.org/10.1145/1358628.1358776>
- Bekker, T., Sturm, J., Wesselink, R., Groenendaal, B., & Eggen, B. (2008). Interactive Play Objects and the effects of open-ended play on social interaction and fun Department of Industrial Design. En *Proceedings of the 2008 International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology* (pp. 389–392). Yokohama, Japan: ACM.
- Bellucci, A., Malizia, A., & Aedo, I. (2014). Light on Horizontal Interactive Surfaces: Input Space for Tabletop Computing. *ACM Computing Surveys*, 46(3), 42. <https://doi.org/10.1145/2500467>
- Benkhelifa, E., Welsh, T., Tawalbeh, L., Jararweh, Y., & Al-Ayyoub, M. (2016). Leveraging Software-Defined-Networking for Energy Optimisation in Mobile-Cloud-Computing. *Procedia Computer Science*, 94(IoTNAT), 479–484. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.08.074>
- Beven, T., Hoang, T., Carter, M., & Ploderer, B. (2016). HandLog: A Deformable Tangible Device for Continuous Input through Finger Flexion. En *Proceedings of the 28th Australian Conference on Computer-Human Interaction* (pp. 595–604). Launceston, Tasmania, Australia: ACM. <https://doi.org/10.1145/3010915.3010933>
- Borges, S., Reis, H. M., Marques, L., Durelli, V., Bittencourt, I. I., Jaques, P., & Isotani, S. (2016). Reduced GUI for an interactive geometry software: Does it affect students' performance?

- Computers in Human Behavior*, 54, 124–133. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.064>
- Bowen, J., Dix, A., Palanque, P., & Weyers, B. (2017). Topics of Formal Methods in HCI. En B. Weyers, J. Bowen, A. Dix, & P. Palanque (Eds.), *The Handbook of Formal Methods in Human-Computer Interaction* (1a ed., pp. 57–64). Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-51838-1>
- Brooke, J. (1996). SUS - A quick and dirty usability scale. En P. Jordan, B. Thomas, I. McClelland, & B. Weerdmeester (Eds.), *Usability Evaluation In Industry* (pp. 189–194). Earley: CRC Press. <https://doi.org/10.1002/hbm.20701>
- Brookhart, S. (2008). *How to Give Effective Feedback to Your Students* (Associatio). Alexandria: Quest Ebook Central.
- Canny, J. (2006). The Future of Human-Computer Interaction. *FOCUS*, (August).
- Cartegena, E. E. (2017). *Juguete electrónico didáctico, como elemento de apoyo para la enseñanza de programación a niños y niñas de 4 a 7 años*. Universidad Técnica del Norte. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7068>
- Casco Rosero, J. V., & Sánchez Tenelanda, F. B. (2017). *Diseño e implementación de un robot para monitoreo y guía de actividades lúdicas de niños entre 1 y 3 años*. Tesis. Universidad Nacional de Chimborazo. <https://doi.org/scielo.org>
- Catalán, C., & Blesa, A. (2016). Enseñanza de sistemas empotrados: De Arduino a Raspberry Pi. En *Actas de las XXII JENUI* (pp. 351–354). Almería: UPCommons. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/90524>
- Cevallos Noboa, O. R. (2013). *Implementación de sistema de monitoreo de gases contaminantes que afectan a la ciudad de Esmeraldas*. Universidad Católica del Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.pucese.edu.ec/handle/123456789/37>
- Cruz, M., Sandí, J. C., & Viquez, I. (2017). Diseño de situaciones educativas innovadoras como estrategia didáctica para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, VIII(2), 99–116. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6632895>
- Cruz, M., Sanz, C., & Baldassarri, S. (2019). Analyzing Experiences with Active Objects in Interaction-Based Educational Activities. En *Proceedings of the XX International Conference on Human Computer Interaction* (p. 2). Donostia, Gipuzkoa, Spain: ACM. <https://doi.org/10.1145/3335595.3335616>
- Dalsgaard, P., & Halskov, K. (2014). Tangible 3D Tabletops as Deformable Interfaces, 42–47. Recuperado de http://pure.au.dk/portal/files/85207821/Tangible_3D_tabletops_as_deformable_interfaces.pdf
- Dang, C. T., & André, E. (2013). TabletopCars: interaction with active tangible remote controlled cars. En *Proceedings of the 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction* (pp. 33–40). Barcelona, Spain: ACM. <https://doi.org/10.1145/2460625.2460630>
- Dietz, P., & Leigh, D. (2001). DiamondTouch: a multi-user touch technology. *Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology - UIST '01*, 3(2), 219. <https://doi.org/10.1145/502348.502389>
- Dillenbourg, P., & Evans, M. (2011). Interactive tabletops in education. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 6(4), 491–514. <https://doi.org/10.1007/s11412-011-9127-7>
- Dix, A. (2016). Human-computer interaction, foundations and new paradigms. *Journal of Visual Languages and Computing*, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jvlc.2016.04.001>

- Dix, A. (2017). Activity Modelling for Low-Intention Interaction. En *The Handbook of Formal Methods in Human-Computer Interaction* (pp. 183–210). Birmingham: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-51838-1>
- Dix, A., Finlay, J., Abowd, G., & Beale, R. (2004). *HUMAN-COMPUTER INTERACTION* (3a ed.). Pearson Education Limited.
- Do-Lenh, S., Kaplan, F., & Dillenbourg, P. (2009). Paper-based Concept Map: the Effects of Tabletop on an Expressive Collaborative Learning Task. En *People and Computers: Celebrating People and Technology* (pp. 149–158). Cambridge, United Kingdom: ACM. <https://doi.org/10.1145/1671011.1671028>
- East, B., DeLong, S., Manshaei, R., Arif, A. S., & Mazalek, A. (2016). Actibles: open source active tangibles. En *Proceedings of the 2016 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces* (pp. 469–472). Niagara Falls: ACM. <https://doi.org/10.1145/2992154.2996874>
- Escalas, G. (2015). *Diseño y desarrollo de un prototipo de riego automático controlado con Raspberry Pi y Arduino*. Universitat Politècnica de Catalunya. Universitat Politècnica de Catalunya. Recuperado de <http://hdl.handle.net/2099.1/25074>
- Evans, M., & Rick, J. (2010). Collaborative learning with interactive surfaces: an interdisciplinary agenda. *Proceedings of the 9th International Conference of the Learning Sciences*, 2, 505–506. Recuperado de <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1854772>
- Fabila, A. M., Minami, H., & Izquierdo, M. J. (2012). La Escala de Likert en la evaluación docente: acercamiento a sus características y principios metodológicos. *Perspectivas Docentes* 50, 27(62), 31–40. <https://doi.org/10.1093/nar/gks633>
- Falcão, T. P., & Gomes, A. S. (2006). Design de Interfaces Tangíveis Educacionais : uma Metodologia Baseada em Contexto. En *Human factors in computing system* (pp. 13–16). Natal, RN, Brazil: ACM. <https://doi.org/10.1145/1298023.1298052>
- Farr, W., Yuill, N., & Raffle, H. (2010). Social benefits of a tangible user interface for children with Autistic Spectrum Conditions. *SAGE Publications and The National Autistic Society*, 14(3), 237–252. <https://doi.org/10.1177/1362361310363280>
- Fitzmaurice, G., Ishii, H., & Buxton, W. (1995). Bricks: laying the foundations for graspable user interfaces. En *SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 442–449). Denver, Colorado, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/223904.223964>
- Follmer, S., & Ishii, H. (2012). kidCAD: Digitally Remixing Toys Through Tangible Tools. En *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2401–2410). Austin, Texas, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2207676.2208403>
- Frías, G., Marco, J., Serón, F., & Latorre, P. (2010). TANGIBLE: Una plataforma de laboratorio para el ensayo de interfaces tangibles y multimodales. *Diseño de interacción*, (4), 34–47. Recuperado de http://www.revistafaz.org/index_n4.html
- Geller, T. (2006). Interactive tabletop exhibits in museums and galleries. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 26(5), 6–11. <https://doi.org/10.1109/MCG.2006.111>
- Grote, C., Segreto, E., Okerlund, J., Kincaid, R., & Shaer, O. (2015). Eugenie: Multi - Touch and Tangible Interaction for Bio - Design. En *Proceedings of the Ninth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction* (pp. 217–224). Stanford, California, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2677199.2680605>
- Harris, A., Rick, J., Bonnett, V., Yuill, N., Fleck, R., Marshall, P., & Rogers, Y. (2009). Around the table: Are multiple-touch surfaces better than single-touch for children's collaborative interactions? En *Proceedings of the 9th international conference on Computer supported collaborative learning - Volume 1* (pp. 335–344). Rhodes, Greece: ACM. <https://doi.org/10.3115/1600053.1600104>

- Harrison, S., Tatar, D., & Sengers, P. (2007). The three paradigms of HCI. *Alt. Chi. Session at the SIGCHI ...*, 1–18. <https://doi.org/10.1234/12345678>
- Hattie, J., & Timperley, H. (2010). The power of feedback. *Medical Education*, 44(1), 16–17. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2009.03542.x>
- Havrez, C., Lepreux, S., Lebrun, Y., Haudegond, S., Ethuin, P., & Kolski, C. (2016). A Design Model for Tangible Interaction: Case Study in Waste Sorting. *IFAC-PapersOnLine*, 49(19), 373–378. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.10.594>
- He, Z., Chang, T., Lu, S., Ai, H., Wang, D., & Zhou, Q. (2017). Research on Human-Computer Interaction Technology of Wearable Devices Such as Augmented Reality Supporting Grid Work. En *Information and Communication Technology* (Vol. 107, pp. 170–175). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.03.074>
- Heim, S. (2007). Interaction Paradigms. En *The Resonant Interface HCI Foundations for Interaction Design* (1a ed.). Pearson Education.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGrawHill (Sexta Edic, Vol. 53). McGraw-Hill Education. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Herrera, P. A. (2017). *Elaboración de un juguete interactivo sonoro para la enseñanza del sistema braille*. Universidad de las Americas. Recuperado de <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/6806>
- Hewett, T., Baecker, R., Card, S., Carey, T., Gasen, J., Mantei, M., ... Verplank, W. (1992). *Curricula for Human-Computer Interaction*. (B. Hefley, Ed.), *Acm Sigchi* (1a ed., Vol. 2008). New York, New York, USA: ACM SIGCHI. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Hinske, S., Lampe, M., Yuill, N., Price, S., & Langheinrich, M. (2009). Kingdom of the Knights: evaluation of a seamlessly augmented toy environment for playful learning. En *Proceedings of the 8th International Conference on Interaction Design and Children* (p. 202). Como, Italy: ACM. <https://doi.org/10.1145/1551788.1551829>
- Hopma, E., Bekker, T., & Sturm, J. (2009). Interactive Play Objects: The Influence of Multimodal Output on Open-Ended Play. En *Intelligent Technologies for Interactive Entertainment* (Vol. 9, pp. 78–89). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02315-6_8
- Hornecker, E., & Buur, J. (2006). Getting a grip on tangible interaction: a framework on physical space and social interaction. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Computer Interaction*, 437–446. Recuperado de <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1124838>
- Hwang, W. Y., Shadiev, R., Tseng, C. W., & Huang, Y. M. (2015). Exploring Effects of Multi-Touch Tabletop on Collaborative Fraction Learning and the Relationship of Learning Behavior and Interaction with Learning Achievement. *Educational Technology & Society*, 18(4), 459–473. Recuperado de www.jstor.org/stable/jeductechsoci.18.4.459
- Inami, M., Sugimoto, M., Thomas, B., & Richter, J. (2010). Active Tangible Interactions. En *Tabletops - Horizontal Interactive Displays* (pp. 171–187). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-84996-113-4_8
- Isenberg, P., Elmqvist, N., Scholtz, J., Cernea, D., Kwan-Liu, M., & Hagen, H. (2011). Collaborative visualization: Definition, challenges, and research agenda. *SAGE*, 10(4), 310–326. <https://doi.org/10.1177/1473871611412817>
- Ishii, H. (2008a). Tangible bits: beyond pixels. *Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI '08)*, xv–xxv. <https://doi.org/10.1145/1347390.1347392>
- Ishii, H. (2008b). The tangible user interface and its evolution. *Communications of the ACM*, 51(6), 32–36. <https://doi.org/10.1145/1349026.1349034>

- Ishii, H., Lakatos, D., Bonanni, L., & Labrune, J.-B. (2012). Radical Atoms : Beyond Tangible Bits , Toward Transformable Materials. *Interactions*, XIX(February), 38–51. <https://doi.org/10.1145/2065327.2065337>
- Ishii, H., & Ullmer, B. (2003). Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits, and atoms. En *Proceedings of the 8th international conference on Intelligent user interfaces* (pp. 234–241). Atlanta: ACM. <https://doi.org/10.1145/604045.604048>
- Issa, T., & Isaias, P. (2015). Usability and Human Computer Interaction (HCI). En *Sustainable Design* (pp. 19–36). Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6753-2>
- Jordà, S., Geiger, G., Alonso, M., & Kaltenbrunner, M. (2007). The reacTable : Exploring the Synergy between Live Music Performance and Tabletop Tangible Interfaces. En *Tangible and embedded interaction* (pp. 139–146). Baton Rouge, Louisiana: ACM. <https://doi.org/10.1145/1226969.1226998>
- Kafure, I. (2010). El proceso creativo de la interfaz del sistema de gestión de la información. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 33(1), 169–186. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rib/v33n1/v33n1a07.pdf>
- Kaltenbrunner, M., & Bencina, R. (2007). ReactIVision : A Computer-Vision Framework for Table-Based Tangible Interaction. En *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction* (pp. 69–74). Baton Rouge, Louisiana: ACM. <https://doi.org/10.1145/1226969.1226983>
- Kanjo, E. (2016). iPlayset: Tangible Interface that Brings Toys to Life. *Proceedings - 2015 International Conference on Interactive Technologies and Games, ITAG 2015*, 63–70. <https://doi.org/10.1109/iTAG.2015.19>
- Karat, J., & Vanderdonckt, J. (2010). From Table-System to Tabletop: Integrating Technology into Interactive Surfaces. En *Tabletops - Horizontal Interactive Displays* (p. 464). <https://doi.org/10.1007/978-1-84996-113-4>
- Karimi, A., & Lim, Y. (2010). Children , engagement and enjoyment in digital narrative. En *Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education* (pp. 475–483). Recuperado de <https://selfdeterminationtheory.org/intrinsic-motivation-inventory/>
- Karray, F., Alemzadeh, M., Saleh, J. A., & Arab, M. N. (2008). Human-Computer Interaction: Overview on State of the Art. *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, 1(1), 137–159. <https://doi.org/http://www.s2is.org/Issues/v1/n1/papers/paper9.pdf>
- Kendall, J., & Kendall, K. (1993). Metaphors and Methodologies: Living Beyond the Systems Machine. *MIS Quarterly*, 17(2), 149–171. <https://doi.org/10.2307/249799>
- Kirk, D., Sellen, A., Taylor, S., & Villar, N. (2009). Putting the physical into the digital: issues in designing hybrid interactive surfaces. En *Proceedings of the 23rd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Celebrating People and Technology* (pp. 35–44). Cambridge, United Kingdom: ACM. <https://doi.org/10.1145/1671011.1671016>
- Kirriemuir, J., & Futurelab, N. (2004). *Literature Review in Games and Learning*. Bristol. Recuperado de <https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-00190453/file/kirriemuir-j-2004-r8.pdf>
- Koleva, B., Benford, S., Hui Ng, K. H., & Rodden, T. (2003). A framework for tangible user interfaces. En *Proceedings of Physical Interaction Workshop on Real World User Interfaces* (pp. 46–50). Udine, Italy. Recuperado de [http://www-alt.medien.ifi.lmu.de/en/events/pi03/papers/pi03-ws-proceedings.pdf#page=46](http://www.alt.medien.ifi.lmu.de/en/events/pi03/papers/pi03-ws-proceedings.pdf#page=46)
- Krzywinski, A., Mi, H., Chen, W., & Sugimoto, M. (2009). RoboTable: a tabletop framework for tangible interaction with robots in a mixed reality. *Proceedings of the ...*, 107–114. <https://doi.org/10.1145/1690388.1690407>

- Kyfonidis, C. (2017). Tangible Educational Toys for Children with Type-1 Diabetes. En *Human Factors in Computing Systems* (pp. 291–296). Denver, Colorado, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/3027063.3027139>
- Lampe, M., & Hinske, S. (2007). The Augmented Knight's Castle—Integrating Mobile and Pervasive Computing Technologies into Traditional Toy Environments. *Concepts and technologies for Pervasive Games—A Reader for Pervasive Gaming Research*, 1, 41–66. Recuperado de <http://www.vs.inf.ethz.ch/publ/papers/mlampe-pg07-akc.pdf>
- Lamprea, J., & Gómez-Restrepo, C. (2007). Validez en la evaluación de escalas. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 36(2), 340–348. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74502007000200013
- Legarrea Oyarzun, A., & Álvarez, J. M. (2015). *Monitorización del hogar: procesado de datos mediante Raspberry Pi Grado en Ingeniería Eléctrica y Electrónica*. Universidad Pública de Navarra.
- Lewis, J., & Sauro, J. (2009). The Factor Structure of the System Usability Scale. En M. Kurosu (Ed.), *International Conference on Human Centered Design* (Vol. 5619, pp. 94–103). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02806-9_12
- Lewis, J., & Sauro, J. (2017). Can I Leave This One Out? The Effect of Dropping an Item From the SUS. *Journal of Usability Studies*, 13(1), 38–46. Recuperado de <http://uxpajournal.org/dropping-item-sus/>
- Lewis, J., & Sauro, J. (2018). Item Benchmarks for the System Usability Scale. *Journal of Usability Studies*, 13(3), 158–167. Recuperado de http://uxpajournal.org/wp-content/uploads/sites/8/pdf/JUS_Lewis_May2018.pdf
- Liang, R. hao, Chan, L., Tseng, H. yu, Kuo, H. chih, Huang, D. Y., Yang, D. N., & Chen, B. Y. (2014). GaussBricks: Magnetic Building Blocks for Constructive Tangible Interactions on Portable Displays. En *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 3153–3162). Toronto, Ontario, Canada: ACM. <https://doi.org/10.1145/2556288.2557105>
- Liu, W., & Lou, Y. (2014). The Sino-Italian collaborative design platform: Designing and developing an innovative product service system. En *Cross-Cultural Design* (Vol. 8528, pp. 766–774). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07308-8_73
- Lores, J., & Gimeno, joan M. (2006). Metáforas, estilos y paradigmas. En *La interacción persona-ordenador*. AIPO.
- Madsen, K. H. (1994). A guide to metaphorical design. *Communications of the ACM*, 37(12), 57–62. <https://doi.org/10.1145/198366.198381>
- Marco, J. (2011). *Design, implementation and evaluation of tangible design interfaces for children. Tesis Doctorals en Xarxa*. Zaragoza. Recuperado de <https://zaguan.unizar.es/record/6187>
- Marco, J., Cerezo, E., & Baldassarri, S. (2010). Playing with toys on a tabletop active surface. *Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children - IDC '10*, 296. <https://doi.org/10.1145/1810543.1810596>
- Marco, J., Cerezo, E., & Baldassarri, S. (2012a). Tangible interaction and tabletops: new horizons for children's games. *International Journal of Arts and Technology*, 5(2/3/4), 151–176. <https://doi.org/10.1504/IJART.2012.046272>
- Marco, J., Cerezo, E., & Baldassarri, S. (2012b). ToyVisionn: A Toolkit for Prototyping Tabletop Tangible Games. En *Proceedings of the 4th ACM SIGCHI symposium on Engineering interactive computing systems* (pp. 71–80). Copenhagen, Denmark: ACM. <https://doi.org/10.1145/2305484.2305498>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s00779-012-0522-5>
- Marco, J., Cerezo, E., & Baldassarri, S. (2015). Innovative interfaces for Serious Games. *EAI Endorsed Transactions on Serious Games Research*, 2(6), 1–7. <https://doi.org/10.4108/ea1.5-11-2015.150612>
- Marco, J., Cerezo, E., Baldassarri, S., Mazzone, E., & Read, J. (2009). User-Oriented Design and Tangible Interaction for Kindergarten Children. En *Interaction Design and Children* (pp. 190–193). Como, Italy: ACM. <https://doi.org/10.1145/1551788.1551825>
- Marshall, M., Carter, T., Alexander, J., & Subramanian, S. (2012). Ultra-Tangibles : Creating Movable Tangible Objects on Interactive Tables. En *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2185–2188). Austin, Texas, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2207676.2208370>
- Marshall, P., Price, S., & Rogers, Y. (2003). Conceptualising tangibles to support learning. En *Proceedings of the 2003 conference on Interaction design and children* (pp. 101–109). Preston, England: ACM. <https://doi.org/10.1145/953536.953551>
- Mathew, A. R., Hajj, A. Al, & Abri, A. Al. (2011). Human-Computer Interaction (HCI): An Overview. En *Computer Science and Automation Engineering (CSAE)* (pp. 99–100). Shanghai, China: IEEE. <https://doi.org/10.1109/CSAE.2011.5953178>
- McAuley, E. D., Duncan, T., & Tammen, V. V. (1989). Psychometric properties of the intrinsic motivation inventory in a competitive sport setting: A confirmatory factor analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60(1), 48–58. <https://doi.org/10.1080/02701367.1989.10607413>
- Mehta, M., Arif, A. S., Gupta, A., DeLong, S., Manshaei, R., Williams, G., ... Mazalek, A. (2016). Active Pathways: Using Active Tangible and Interactive Tabletops for Collaborative Modeling in System Biology. En *Proceedings of the 2016 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces* (pp. 129–138). Niagara Falls, Ontario, Canada: ACM. <https://doi.org/10.1145/2992154.2992176>
- Merrill, D., Kalanithi, J., & Maes, P. (2007). Siftables: towards sensor network user interfaces. En *Tangible and embedded interaction* (pp. 15–17). Baton Rouge, Louisiana: ACM. <https://doi.org/10.1145/1226969.1226984>
- Merrill, D., Sun, E., & Kalanithi, J. (2012). Sifteo cubes. En *CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1015–1018). Austin, Texas, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2212776.2212374>
- Mishra, W., Chowdhury, A., & Dhar, D. (2017). Optimizing Operation Research Strategy for Design Intervention: A Framework for GOMS Selection Rule. En *Research into Design for Communities* (Vol. 1, pp. 61–70). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3518-0_6
- Moralejo, L., Sanz, C., & Pesado, P. (2012). El reconocimiento de voz como paradigma de interacción para personas con dificultades motoras. En *XVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación* (p. 9). sedici. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10915/23695>
- Moralejo, L., Sanz, C., & Pesado, P. (2014). Paradigmas de interacción hombre-máquina. Un análisis enfocado al ámbito de la educación especial. *RUEDES*, 5(3), 85–101.
- Muijzer-witteveen, H., Sibus, N., Dijsseldonk, R. Van, Keijsers, N., & Asseldonk, E. Van. (2018). Questionnaire results of user experiences with wearable exoskeletons and their preferences for sensory feedback. *NeuroEngineering and Rehabilitation*, 15(112), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12984-018-0445-0>
- Müller-Tomfelde, C. (2010). *Tabletops - Horizontal Interactive Displays. Human-Computer Interaction Series*. Springer London. <https://doi.org/10.4135/9781412982818.n29>

- Müller-Tomfelde, C., & Fjeld, M. (2010). A Short History of Tabletop Research, Technologies, and Products. En *Tabletops - Horizontal Interactive Displays* (p. 464). <https://doi.org/10.1007/978-1-84996-113-4>
- Muller, B. (2012). Metaphor, Architectural Design, and Environmental Response. *Enquiry/The ARCC Journal of Architectural Research*, 4(1), 69–78. <https://doi.org/10.17831/enq:arcc.v4i1.57>
- Nagel, T., Heidmann, F., Condotta, M., & Duval, E. (2010). Venice Unfolding: A Tangible User Interface for Exploring Faceted Data in a Geographical Context. En *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries* (pp. 743–746). Reykjavik, Iceland: ACM. <https://doi.org/10.1145/1868914.1869019>
- Navarro Sánchez, G. (2011). *Reconocimiento visual de juguetes en una mesa de interacción tangible*. Recuperado de <https://zaguan.unizar.es/record/6666?ln=es#>
- Nicol, D., & MacFarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and selfregulated learning: A model and seven principles of good feedback practice. *Studies in Higher Education*, 31(2), 199–218. <https://doi.org/10.1080/03075070600572090>
- Nielsen, J. (2012). Usability 101: Introduction to Usability. Recuperado de <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>
- Niu, S., McCrickard, S., & Nguyen, S. (2016). Learning with interactive tabletop displays. En *IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1–9). <https://doi.org/10.1109/FIE.2016.7757601>
- Norman, D. (2013). *The Design of Everyday Things. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing* (2a ed., Vol. 16). Basic Books. <https://doi.org/10.1002/hfm.20127>
- Okerlund, J., Segreto, E., Grote, C., Westendorf, L., Scholze, A., Littrell, R., & Shaer, O. (2016). SynFlo: A Tangible Museum Exhibit for Exploring Bio - Design. En *Proceedings of the TEI '16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction* (pp. 141–149). Eindhoven, the Netherlands: ACM. <https://doi.org/10.1145/2839462.2839488>
- Oramas, J. (2008). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA MANIPULACIÓN DE OBJETOS VIRTUALES POR MEDIO DE UN LENGUAJE DACTILOLÓGICO*. ESPOL. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10915/23695>
- Ortega, T. E. (2017). *Juguete electrónico para la mejora del proceso de alfabetización bajo lenguaje braille en niños del área de no videntes de la Universidad Técnica del Norte*. Universidad Técnica del Norte. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6151>
- Ospina, B., Sandoval, J. de J., Aristizábal, C., & Ramírez, M. (2005). La escala de Likert en la valoración de los conocimientos y las actitudes de los profesionales de enfermería en el cuidado de la salud. *Invest Educ Enferm*, 23(1), 14–29. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1052/105215401002.pdf>
- Pastel, R., & Skalsky, N. (2004). Object-Action Association : A HCI Design Model. *Interface*, 295–297. <https://doi.org/10.1145/964442.964510>
- Patten, J., Recht, B., & Ishii, H. (2002). Audiopad: A Tag-based Interface for Musical Performance. En *New Interfaces for Musical Expression (NIME'02)* (pp. 1–6). Dublin, Ireland: ACM.
- Pedersen, E. W., & Hornbæk, K. (2009). mixiTUI. En *Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction* (pp. 223–230). Cambridge, United Kingdom: ACM. <https://doi.org/10.1145/1517664.1517713>
- Pedersen, E. W., & Hornbæk, K. (2011). Tangible bots: Interaction with Active Tangibles in Tabletop Interfaces. En *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2975–2984). Vancouver, BC, Canada: ACM. <https://doi.org/10.1145/1978942.1979384>

- Piper, A. M., O'Brien, E., Morris, M. R., & Winograd, T. (2006). SIDES: a cooperative tabletop computer game for social skills development. En *Proceedings of the 2006 conference on computer supported cooperative work* (pp. 1–10). <https://doi.org/10.1145/1180875.1180877>
- Price, S. (2008). A representation approach to conceptualizing tangible learning environments. En *Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and embedded interaction* (pp. 151–158). Bonn, Germany: ACM. <https://doi.org/10.1145/1347390.1347425>
- Pruvost, G., Heinroth, T., Bellik, Y., & Minker, W. (2011). User Interaction Adaptation within Ambient Environments. En T. Heinroth & W. Minker (Eds.), *Next Generation Intelligent Enviroments*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4>
- Raffle, H. (2006). Kinesthetic media: touch , toys & interactive materials. En *ACM SIGGRAPH Educators program* (pp. 3–5). Boston: ACM. <https://doi.org/10.1145/1179295.1179304>
- Raffle, H., Parkes, A., & Ishii, H. (2004). Topobo: a constructive assembly system with kinetic memory. En *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 647–654). Vienna, Austria: ACM. <https://doi.org/10.1145/985692.985774>
- Randolph, G. (2004). Use-cases and personas: A case study in light-weight user interaction design for small development projects. *Informing Science*, 7, 105–116.
- Rashid, U., Niaz, I., Amin, M., & Bhatti, M. (2009). Designing interactions using OAI model: A new interface modeling paradigm. En *International Conference on Emerging Technologies, ICET* (pp. 422–426). Islamabad, Pakistan: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICET.2009.5353133>
- Raspberry. (2019). ABOUT US. Recuperado de <https://www.raspberrypi.org/about/>
- Read, J., Macfarlane, S., & Casey, C. (2002). Endurability , Engagement and Expectations: Measuring Children's Fun. En *Interaction Design and Children* (pp. 1–23). Shaker Publishing. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.100.9319>
- Rekimoto, J. (2002). SmartSkin: An Infrastructure for Freehand Manipulation on Interactive Surfaces. En *Human Factors in Computing Systems* (Vol. 02, pp. 113–120). Minneapolis, Minnesota, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/503376.503397>
- Resnick, M., Martin, F., Berg, R., Borovoy, R., Colella, V., Kramer, K., & Silverman, B. (1998). Digital manipulatives: new toys to think with. En *Human Factors in Computing Systems* (pp. 281–287). Los Angeles, California, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/274644.274684>
- Ribas, J. (2001). Difusió cultural i comunicació audiovisual interactiva. *revistes catalanes amb accés obert*, (18), 170–181. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/Temes/article/view/29692>
- Ribera-Turró, M. (2005). Evolución y tendencias en la interacción persona - ordenador. *El profesional de la información*, 15(6), 414–422. Recuperado de <http://eprints.rclis.org/11474/>
- Richter, J., Thomas, B., Sugimoto, M., & Inami, M. (2007). Remote active tangible interactions. En *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction* (pp. 39–42). Baton Rouge, Louisiana: ACM. <https://doi.org/10.1145/1226969.1226977>
- Rick, J., Rogers, Y., Haig, C., & Yuill, N. (2009). Learning by doing with shareable interfaces Learning by Doing with Shareable Interfaces. *Children, Youth and Environments*, 19(1), 321–342. <https://doi.org/10.7721/chilyoutenvi.19.1.0320>
- Riedenklau, E., Hermann, T., & Ritter, H. (2010). Tangible Active Objects and Interactive Sonification as a Scatter Plot Alternative for the Visually Impaired. En *Proceedings of the 16th International Conference on Auditory Display* (pp. 1–7). Washington, D.C: International Community for Auditory Display. <https://doi.org/10.4119/unibi/2697201>
- Rim, R., Amin, M. M., Adel, M., & Abid, M. (2017). Evaluation Method for an Adaptive Web Interface:

- GOMS Model. En *Intelligent Systems Design and Applications* (Vol. 557, pp. 116–124). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-53480-0_12
- Roberto, R., Freitas, D., Lima, J. P., Teichrieb, V., & Kelner, J. (2011). ARBlocks: A concept for a dynamic blocks platform for educational activities. En *2011 XIII Symposium on Virtual Reality* (pp. 28–37). Uberlandia: IEEE. <https://doi.org/10.1109/SVR.2011.19>
- Ryall, K., Forlines, C., Shen, C., & Morris, M. R. (2004). Exploring the effects of group size and table size on interactions with tabletop shared-display groupware. En *Computer supported cooperative work* (Vol. 5, pp. 284–293). Chicago: ACM. <https://doi.org/10.1145/1031607.1031654>
- Ryan, R., & Deci, E. (2006). Intrinsic Motivation Inventory (IMI).
- Samaan, K., & Tarpin-Bernard, F. (2004). Task models and interaction models in a multiple user interfaces generation process. *Tamodia 2004*, 137–144. <https://doi.org/10.1145/1045446.1045471>
- Sandí, J. C., & Cruz, M. (2017). La simulación como recurso electrónico para potenciar las habilidades cognitivas del estudiantado. *InterSedes*, 18(37), 1–31. <https://doi.org/10.15517/ISUCR.V18I37.28646>
- Sanz, C., Baldassarri, S., Guisen, A., Marco, J., Cerezo, E., & De Giusti, A. (2012). ACoTI: herramienta de interacción tangible para el desarrollo de competencias comunicacionales en usuarios de comunicación alternativa. Primeros resultados de su evaluación. En *Tecnología en Educación y Educación en Tecnología* (p. 8). SEDICI. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10915/19304>
- Sanz, C., Guisen, A., De Giusti, A., Baldassarri, S., Marco, J., & Cerezo, E. (2013). Games as educational strategy: A case of tangible interaction for users of Alternative and Augmentative Communication. En *International Conference on Collaboration Technologies and Systems, CTS 2013* (pp. 377–381). <https://doi.org/10.1109/CTS.2013.6567258>
- Schrepp, M. (2010). GOMS analysis as a tool to investigate the usability of web units for disabled users. *Universal Access in the Information Society*, 9(1), 77–86. <https://doi.org/10.1007/s10209-009-0155-2>
- Shaer, O., & Hornecker, E. (2009). Tangible User Interfaces: Past, Present, and Future Directions. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 3(1–2), 4–137. <https://doi.org/10.1561/11000000026>
- Shao, S., & Qin, H. (2015). Application Research on the Webpage Accessibility Based on the GOMS Model. En *Proceedings of the 15th International Conference on Man-Machine-Environment System Engineering* (Vol. 356, pp. 161–166). Springer, Berlin. https://doi.org/10.1007/978-3-662-48224-7_20
- 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. <https://doi.org/10.1007/s00779-004-0296-5>
- Shen, C., Vernier, F., Forlines, C., & Ringel, M. (2004). DiamondSpin: an extensible toolkit for around-the-table interaction. En *Human Factors in Computing Systems* (Vol. 6, pp. 167–174). Vienna, Austria: ACM. <https://doi.org/10.1145/985692.985714>
- Shneiderman, B., & Plaisant, C. (2005). *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction*. *British dental journal* (Vol. 215). Pearson Education. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2013.932>
- Sinha, G., Shahi, R., & Shankar, M. (2010). HUMAN COMPUTER INTERACTION. En *Emerging Trends in Engineering and Technology (ICETET)* (pp. 1–4). Goa, India: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICETET.2010.85>
- Soler-Adillon, J. (2012). *Principios de diseño de interacción para sistemas interactivos*. Barcelona.

Recuperado de <http://repositori.upf.edu/handle/10230/21513>

- Solovey, E., Afergan, D., Peck, E., Hincks, S., & Jacob, R. (2015). Designing implicit interfaces for physiological computing: Guidelines and lessons learned using fNIRS. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 21(6), 35:1-35:26. <https://doi.org/10.1145/2687926>
- Springett, M., Law, E. L. C., & Coulson, M. (2015). Integrating the strengths of cognitive emotion models with traditional HCI analysis tools. *Universal Access in the Information Society*, 14(2), 203–214. <https://doi.org/10.1007/s10209-013-0335-y>
- Starcic, A., & Zajc, M. (2011). An interactive tangible user interface application for learning addition concepts. *British Journal of Educational Technology*, 42(6), 131–135. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2011.01217.x>
- Takashima, K., Asari, Y., Yokoyama, H., Sharlin, E., & Kitamura, Y. (2015). MovemenTable: The Design of Moving Interactive Tabletops. En *Human-Computer Interaction – INTERACT* (pp. 296–314). Bamberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-22698-9_19
- Tapia, C. H., & Manzano, H. M. (2013). *Evaluación de la plataforma arduino e implementación de un sistema de control de posición horizontal*. Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5522/1/UPS-GT000511.pdf>
- Ullmer, B., & Ishii, H. (1997). The metaDESK : Models and Prototypes for Tangible User Interfaces. En *Proceedings of the 10th annual ACM symposium on User interface software and technology* (pp. 223–232). Banff, Alberta, Canada: ACM. <https://doi.org/10.1145/263407.263551>
- Ullmer, B., & Ishii, H. (2000). Emerging frameworks for tangible user interfaces. *IBM Systems Journal*, 39(3.4), 915–931. <https://doi.org/10.1147/sj.393.0915>
- Ullmer, B., Ishii, H., & Jacob, R. (2005). Token+constraint systems for tangible interaction with digital information. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 12(1), 81–118. <https://doi.org/10.1145/1057237.1057242>
- Valdes, C., Eastman, D., Grote, C., Thatte, S., Shaer, O., Mazalek, A., ... Konkell, M. (2014). Exploring the design space of gestural interaction with active tokens through user-defined gestures. En *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 4107–4116). Toronto, Ontario, Canada: ACM. <https://doi.org/10.1145/2556288.2557373>
- van Huysduynen, H., de Valk, L., & Bekker, T. (2016). Tangible Play Objects: Influence of Different Combinations of Feedback Modalities. En *Proceedings of the TEI '16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction* (pp. 262–270). Eindhoven, Netherlands: ACM. <https://doi.org/10.1145/2839462.2839492>
- Van Seters, J. R., Ossevoort, M. A., Tramper, J., & Goedhart, M. J. (2012). The influence of student characteristics on the use of adaptive e-learning material. *Computers and Education*, 58(3), 942–952. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.11.002>
- Vaz, R., Fernandes, P. O., & Rocha, A. C. (2016). Proposal of a Tangible User Interface to Enhance Accessibility in Geological Exhibitions and the Experience of Museum Visitors. *Procedia Computer Science*, 100, 832–839. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.232>
- Villafuerte, L., Markova, M., & Jorda, S. (2012). Acquisition of social abilities through musical tangible user interface. En *Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 745–760). Austin, Texas, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2212776.2212847>
- Vos, N., Van Der Meijden, H., & Denessen, E. (2011). Effects of constructing versus playing an educational game on student motivation and deep learning strategy use. *Computers and Education*, 56(1), 127–137. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.08.013>
- Wania, C., Atwood, M., & McCain, K. (2006). How do Design and Evaluation Interrelate in HCI

- Research ? En *6 Proceedings of the 6th conference on Designing Interactive systems* (pp. 90–98). New York, New York, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/1142405.1142421>
- Weiser, M. (1991). The Computer for the 21 st Century. *Scientific Aemrica*, 265(3), 94–105. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/24938718>
- Weiss, M., Hollan, J., & Borchers, J. (2010). Augmenting Interactive Tabletops with Translucent Tangible Controls. En C. Müller-Tomfelde (Ed.), *Tabletops - Horizontal Interactive Displays* (pp. 150–170). Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-84996-113-4>
- Weyers, B., Bowen, J., Dix, A., & Palanque, P. (2017). *The Handbook of Formal Methods in Human-Computer Interaction* (1a ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-51838-1>
- Xie, L., Antle, A., & Motamedi, N. (2008). Are Tangibles More Fun ? Comparing Children ' s Enjoyment and Engagement Using Physical , Graphical and Tangible User Interfaces. En *Tangible and embedded interaction* (pp. 191–198). Bonn: ACM. <https://doi.org/10.1145/1347390.1347433>
- Zhao, X., Zhou, C., & Huang, W. (2013). Smart Home Power Management System Design Based on Human-Computer Interaction Model, 1247–1250.
- Zuckerman, O., Arida, S., & Resnick, M. (2005). Extending Tangible Interfaces for Education: Digital Montessori-inspired Manipulatives. En *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 859–868). Portland, Oregon, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/1054972.1055093>
- Zuckerman, O., & Gal-Oz, A. (2013). To TUI or not to TUI: Evaluating performance and preference in tangible vs. graphical user interfaces. *International Journal of Human Computer Studies*, 71(7–8), 803–820. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2013.04.003>



ANEXO I. MODELOS DE INTERACCIÓN

1. Modelos de interacción

Dix et al. (2004) señala que la comunicación que se establece entre el usuario y el sistema se denomina “interacción”. Mientras que la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) es el medio principal que permite la comunicación entre el usuario y el sistema (Borges et al., 2016). A continuación, se consideran algunos de los modelos de interacción más influyentes, iniciando con el modelo de Donald Norman (*Norman’s execution–evaluation cycle*), que ayudará a entender el concepto de interacción.

1.1. Modelo de interacción de Donald Norman

Es un modelo el cual surgió en 1988 por Donald Norman en un trabajo titulado “*The Psychology of Everyday Things*” ahora titulado “*The Design of Everyday Things*” (Norman, 2013), donde se analiza como los objetos que se utilizan a diario en muchas ocasiones se encuentran diseñados de tal forma que en lugar de facilitar las tareas las dificultan (Soler-Adillon, 2012). El modelo de interacción de Norman, es quizás el modelo de mayor influencia en IPO, principalmente por su cercanía y comprensión de la interacción entre los usuarios humanos y las computadoras (Dix et al., 2004).

El modelo de Norman se considera como un ciclo entre la ejecución y la evaluación, donde estas 2 etapas se pueden subdividir en 7 pasos (Issa & Isaias, 2015). Por consiguiente, este modelo de interacción inicia con una meta, el usuario traslada esto a acciones en el sistema, y posteriormente, evalúa los resultados que se dan a partir de la acción realizada (Dix, 2017).

Para Norman (2013) las 7 etapas de acción (ver Figura 1) se dividen en una etapa para objetivo, 3 para ejecución y 3 para evaluación, tal y como se enumeran a continuación:

1. Plantear el Objetivo
2. Planificar la acción
3. Especificar (una secuencia de acción)
4. Realizar (la secuencia de acción)
5. Percibir (el estado del mundo)
6. Interpretar (la percepción)
7. Comparar (el resultado con el objetivo)



Figura 1. Etapas del ciclo de acción de Norman.

Fuente: Tomando y traducido de Norman (2013, p. 41).

En particular, la fase de ejecución está conformada por 3 etapas. (i) Plan, a través de qué medios se quiere lograr alcanzar el objetivo planteado; (ii) Especificar, las acciones para cumplir con el plan; (iii) Realizar, las acciones que se han especificado para lograr alcanzar el objetivo, cambiando el estado del mundo. En segunda instancia se encuentra la fase de evaluación, compuesta por 3 etapas: (i) Percibir, el usuario percibe el mundo; (ii) Interpretar, el usuario interpreta el mundo percibido de acuerdo a sus expectativas; (iii) Comparar, el usuario compara su interpretación con el objetivo inicial planteado, en conjunto con la elección realizada para lograr el objetivo (Havrez et al., 2016).

Además, el ciclo de acción de Norman es visto como una herramienta con la capacidad de para identificar y caracterizar los errores de usabilidad, dado que los problemas más comunes de usabilidad se encuentran relacionados con la fases de ejecución y evaluación (Springett, Law, & Coulson, 2015).

Finalmente, una de las desventajas del modelo de Norman consiste en que éste solo considera los sistemas hasta la interfaz, vela únicamente por la visión del usuario de la interacción y no trata la comunicación del sistema por medio de la interfaz (Dix et al., 2004).

1.2. Modelo de Abowd y Beale

Debido a que el modelo de Norman no consideraba la comunicación del sistema, Abowd (1991) propone un marco de interacción como parte de la extensión del trabajo realizado por Norman. Principalmente, utilizando este marco de interacción para tratar el tema de la usabilidad de la interfaz.

Este marco de interactividad lo que pretende es realizar una descripción lo más realista posible de la interacción a través de la inclusión del sistema explícitamente, por tanto, lo divide en 4 componentes: el sistema, el usuario, la entrada y la salida (Dix et al., 2004). En la Figura 2 se puede observar el ciclo de interacción de los componentes mencionados en el párrafo anterior, agregando a cada uno de ellos su correspondiente traducción de un componente a otro.

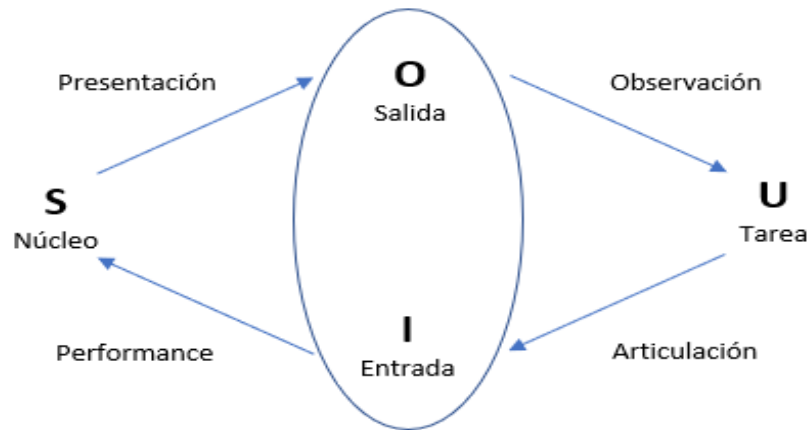


Figura 2. Traducciones del marco de interacción.

Fuente: Tomado y traducido de Dix et al. (2004, p. 128).

En Abowd (1991) existen 4 traducciones en este ciclo interactivo, las cuales son llamadas: articulación, ejecución, presentación y observación.

Por consiguiente, los autores (Abowd, 1991; Dix et al., 2004; Rashid, Niaz, Amin, & Bhatti, 2009) describen las traducciones para el diseño de las interacciones de la siguiente forma:

- **Articulación.** Traducción del usuario a la entrada ($U \rightarrow I$), y consiste que el idioma de la tarea formulada por el usuario debe ser articulada o traducida al lenguaje de la entrada. Estas tareas son respuestas del usuario y deben ser traducidas a estímulos para la entrada.
- **Ejecución.** Traducción de la entrada al sistema ($I \rightarrow S$), las respuestas brindadas por la entrada se traducen a lenguaje o estímulos para sistema. Por tanto, el lenguaje del sistema principal ejecuta los eventos de entrada, así como sus respectivos comportamientos de los objetos de la interfaz.
- **Presentación.** Traducción del sistema a la salida ($S \rightarrow O$), se traducen las respuestas del sistema a la transición en estímulos para los componentes de la salida. La traducción se despliega como un cambio en el estado del sistema.

- **Observación.** Traducción de la salida al usuario (O→U), las respuestas de las salidas se traducen a estímulos que son observados por el usuario. La observación es la percepción del usuario del cambio en el estado del sistema.

Las traducciones *Articulación* y *Performance* conforman la fase de ejecución del ciclo y las traducciones *Presentación* y *Observación* plantean la fase de evaluación y el fin del ciclo interactivo (Abowd, 1991; Dix et al., 2004).

Por último, este marco de interacción no se encuentra restringido para los sistemas informáticos electrónicos, por el contrario, identifica todos los componentes participantes en la interacción del usuario y es útil para evaluar el sistema (Rashid et al., 2009).

1.3. Modelo de Foley y van Dam

El modelo de Foley y van Dam consta de un modelo de interfaz de usuario de 4 niveles y fue desarrollado a finales de 1970 (Kafure, 2010; Randolph, 2004). También son denominados modelos del lenguaje (Abowd, 1991).

Este modelo de 4 niveles se compone de un nivel conceptual, semántico, sintáctico y de léxico. De acuerdo con los autores (Afergan, 2014; Kafure, 2010; Rashid et al., 2009; Solovey, Afergan, Peck, Hincks, & Jacob, 2015) los niveles se describen de la siguiente forma:

- **Nivel conceptual.** Es el modelo mental que tiene un usuario del sistema. Describe las tareas en las que interactúan el usuario y el sistema, como es el caso de los objetos que se pueden manipular y las relaciones que existen entre ellos.
- **Nivel semántico.** Describe los significados de las entradas del usuario y las salidas del sistema. Por ejemplo, los significados de las palabras, donde incorpora objetos que forman parte del lenguaje del sistema, como pueden ser cuadros de diálogos o menús.
- **Nivel sintáctico.** Define las unidades gramáticas que transmite la semántica. Además, permite combinar palabras en contextos significativos, incluyendo la aparición y desaparición de objetos en la pantalla del ordenador.
- **Nivel léxico.** Determina las especificaciones y las dependencias para el hardware, *software* y la interfaz de usuario. Analiza cómo expresar las palabras, incluyendo tipos de fuentes, colores, líneas, etc.

Por tanto, este modelo de 4 niveles debate el comportamiento humano, el cual es propagado en las tareas del usuario, primordialmente en el diseño de las interacciones cuando la usabilidad es la prioridad del diseño de la interfaz de usuario (Rashid et al., 2009).

1.4. Modelo GOMS

GOMS (*Goals, Operators, Methods, y Selection rules*) es un modelo cognitivo (Randolph, 2004) que fue desarrollado en 1983 por Card, Moran y Newall en un trabajo titulado “*The Psychology of Human Computer user model Interaction*”, y que es el modelo más exitoso de IPO (Shao & Qin, 2015).

Este modelo es una representación o una descripción de los conocimientos del usuario con el objetivo de que éste pueda realizar labores en un sistema (Rim, Amin, Adel, & Abid, 2017). En suma, “*permite establecer un modelo analítico para estimar la bondad de un sistema interactivo. Además, se definen las bases teóricas de la utilidad, como metodología para crear interfaces más fáciles de usar*” (Artola, 2013, p. 22).

Por consiguiente, el modelo define el sistema en los términos *Goals, Operators, Methods, Selection rules* (Zhao, Zhou, & Huang, 2013) que, de acuerdo a los autores (Mishra, Chowdhury, & Dhar, 2017; Schrepp, 2010; Shao & Qin, 2015) se describen de la siguiente forma:

- **Objetivos (*Goals*)**. Representa el propósito que el usuario desea lograr. Generalmente, este objetivo tiende a dividirse en objetivos secundarios.
- **Operadores (*Operators*)**. Constituye a las medidas que se adoptan para lograr el objetivo planteado. Estas medidas significan acciones perceptivas, motoras o cognitivas y a través de los procesos cognitivos y físicos se puede lograr la meta.
- **Métodos (*Methods*)**. Consiste en una secuencia de operadores que se pueden utilizar para lograr cada objetivo. Es decir, representan las secuencias aprendidas de operadores que los usuarios realizan para cumplir con el establecido.
- **Selección de reglas (*Selection rules*)**. Especifica una guía, orientada a los usuarios, para la selección del método apropiado para ser utilizado y lograr la meta.

Finalmente, GOMS es una herramienta con capacidades para analizar los problemas de desempeño del usuario, con la posibilidad de modelar el comportamiento de la interacción de los usuarios con el *software* (Schrepp, 2010). Entre los aspectos de análisis por parte de GOMS, se encuentra la predicción de errores, cobertura funcional y el tiempo de aprendizaje (Shao & Qin, 2015).

1.5. Modelo de Interfaz de Objeto - Acción (OAI)

El modelo OAI es una propuesta realizada por Ben Sheiderman que destaca la manipulación visual de los objetos y las acciones de los usuarios (Randolph, 2004).

Pastel & Skalsky (2004) indican que el modelo OAI correlaciona los objetos y las acciones del mundo real con objetos y acciones de la interfaz, esto se realiza en jerarquías de objetos y acciones que son separadas tanto del mundo real como de la interfaz, asimismo, insinúa oportunidades de interacción de manipulación directa.

De acuerdo con Shneiderman & Plaisant (2005), el modelo OAI se compone y describe de la siguiente forma:

- **Jerarquía de tareas de objetos y acciones.** Esta acción se basa en descomponer las tareas en pasos individuales, en situaciones más pequeñas y de forma jerárquica, hasta que la tarea sea manejable. Estas jerarquías no son perfectas, pero si son comprensibles y útiles, donde los usuarios aceptan una separación de tareas en objetos y acciones. Por tanto, se constituye una base para diseñar los objetos y acciones de la interfaz más fácil.
- **Jerarquía de interfaces de objetos y acciones.** Luego de haber dividido la tarea, se diseñan los objetos de la interfaz y acciones fundamentadas en ejemplos conocidos, que posteriormente son ajustados a la tarea. Cuando esto sucede, se espera que la estructura sea estable en la memoria de los usuarios.
- **Desaparición de la sintaxis.** El objetivo de este punto consiste en que los diseñadores logren minimizar la carga cognitiva, establecer sistemas de manipulación directa que representen a los usuarios objetos y acciones familiares, uso herramientas modernas para la construcción de interfaces de usuarios y *widgets* estándares. Primeramente, porque muchos detalles varían drásticamente entre las interfaces. Y, en segundo lugar, porque adquirir conocimientos sintácticos es muy difícil para muchos usuarios.

En resumen, en el modelo OAI el primer paso consiste en comprender la tarea, luego dividirla en subtareas más pequeñas y posteriormente aplicar una metáfora (Randolph, 2004). Una metáfora se describe como las lentes cognitivas que se utilizan para dar sentido a todas las situaciones (Kendall & Kendall, 1993), es decir, ayudan a obtener una facilidad de aprendizaje y uso del *software* (Madsen, 1994; Muller, 2012).



ANEXO II. TECNOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE JUGUETES INTERACTIVOS

1. Tipos de tecnologías para el desarrollo de juguetes activos

Con el pasar de los años nuevas formas de crear *software* y artefactos físicos han ido revolucionando las formas tradicionales de implementación de interfaces de usuario. Esto como una cultura de creador, hacker y personalización masiva. Lo anterior se debe a la electrónica y sus capacidades para fabricación a precios accesibles, como *Arduino* y *Raspberry Pi* (Weyers, Bowen, Dix, & Palanque, 2017).

Por tanto, estas tecnologías se presentan como una opción para la construcción o fabricación de artefactos para distintos ámbitos, entre ellos la educación. Así que, en las siguientes subsecciones se presentan las plataformas *Arduino* y *Raspberry Pi* con la finalidad de brindar una perspectiva de las características de hardware y *software*, así como sus capacidades para el desarrollo de juguetes activos.

1.1. Arduino

Arduino “consiste en una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y *software* fácil de usar” (Arduino, 2019, párr. 1). La plataforma de *Arduino* es conocida para el desarrollo de la informática física, principalmente porque utiliza un lenguaje de programación multiplataforma en conjunto con biblioteca de funciones variable (Dang & André, 2013).

La plataforma *Arduino* se puede utilizar para el desarrollo de dispositivos interactivos, estos pueden ser independientes o bien pueden estar ligados a una aplicación de *software* que se esté ejecutando sobre una computadora (Shaer & Hornecker, 2009).

Los componentes de hardware de *Arduino* tiene la posibilidad de leer múltiples entradas, como lo pueden ser sensores de luz o pulsaciones por medio de un botón, y a través de una configuración deseada convertir esa entrada en una salida, pudiendo activar motores, encender o apagar Leds, mostrar información en una pantalla o incluso realizar una publicación en algún sitio en la web (Arduino, 2019).

1.1.1. Primacías de Arduino

En conformidad con Tapia Ayala & Manzano Yupa (2013) existen diversos microcontroladores y plataformas para la computación física. Sin embargo, *Arduino* ofrece algunas preeminencias que simplifica los procesos para elaborar trabajos con microcontroladores.

Algunas de estas capacidades son:

- a) **Factible.** Las placas de *Arduino* son más accesibles a la población en comparación con otras plataformas de microcontroladores (Herrera, 2017; Tapia & Manzano, 2013).
- b) **Multi plataforma.** *Arduino* tiene la capacidad de ejecutarse sobre diferentes sistemas operativos, entre ellos: Windows, Macintosh OSx y GNU/Linux (Cartegena, 2017; Tapia & Manzano, 2013).
- c) **Software y Hardware de código abierto.** El *software* de *Arduino* se encuentra bajo una licencia libre, por tanto otorga la posibilidad del acceso a su estructura física y lógica, también pudiendo ser modificada (Cartegena, 2017; Tapia & Manzano, 2013).

Finalmente, otra ventaja de *Arduino* consiste en la sencillez para el uso de personas principiantes, no es necesario tener amplios conocimientos en electrónica e informática para la manipulación e implementación de *Arduino*. No obstante, tiene un gran potencial para ser manipulado por usuarios con conocimientos avanzados (Cartegena, 2017; Herrera, 2017).

1.1.2. Características de Arduino

Arduino consiste en una plataforma que tiene una gran sensibilidad para recepción a través sus entradas para incorporar diversos sensores y con ellos proveer salidas mediante el control de luces, motores o visualizadores, así como otros dispositivos (Herrera, 2017).

Por consiguiente, en cuando a Hardware *Arduino* cuenta con diferentes placas. Estas placas puede ser de diferentes tamaños y capacidades, por tanto los usuarios pueden hacer la selección de la placa acorde a las necesidades del proyecto que deseen realizar (Cartegena, 2017).

A continuación, se presentan diferentes tipos de placas de *Arduino*.

- a) **Arduino UNO.** Esta es posiblemente la placa *Arduino* más conocida y utilizada (Tapia & Manzano, 2013). *Arduino* UNO (Figura 1) se destaca por ser la versión estándar para empezar utilizar *Arduinos* (Cartegena, 2017).



Figura 1. Arduino UNO.

Fuente: Tomando de <https://goo.gl/wcS4hC>

A continuación, presentan las siguientes especificaciones técnicas de *Arduino UNO*⁹:

- Microcontrolador ATmega328
- Voltaje de operación 5v
- 14 entradas/salidas digitales. 6 son utilizados como salidas PWM
- 6 entradas analógicas
- Memoria Flash 32 KB
- SRAM. 2KB
- EEPROM 1 KB
- Frecuencia 16 MHZ
- Dimensiones 68.6 x 53.4 mm

b) **Arduino YUN.** Es una placa electrónica que destaca por traer incorporado interfaces Ethernet Wi-Fi y una ranura para tarjeta micro-SD (Cartegena, 2017; Ortega, 2017).

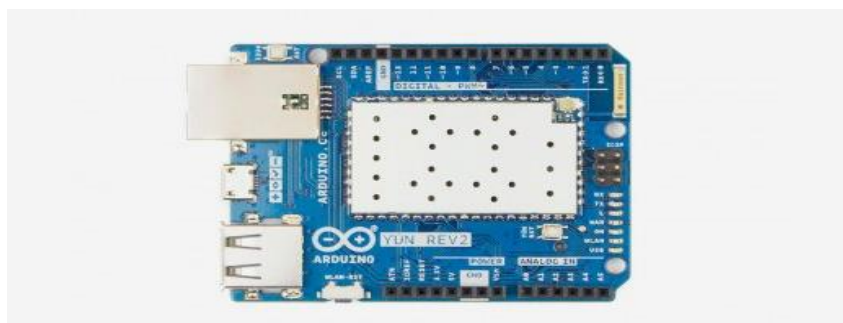


Figura 2. Arduino YUN.

Fuente: Tomado de <https://goo.gl/6drKCA>

A continuación, se presentan las especificaciones técnicas de *Arduino YUN*¹⁰:

- Microcontrolador ATmega32U4
- Voltaje de operación 5v
- 20 entradas/salidas digitales. 7 son utilizados como salidas PWM
- 12 entradas analógicas
- Memoria Flash 32 KB
- SRAM 2.5 KB

⁹ Especificaciones técnicas de Arduino UNO. Fuente: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>

¹⁰ Especificaciones técnicas de Arduino UNO. Fuente: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardYun?from=Main.ArduinoYUN>

- EEPROM 1 KB
 - Frecuencia 16 MHZ
 - Dimensiones 73 x 53 mm
 - Ethernet IEEE 802.3 10 / 100Mbit / s
 - Wi-Fi IEEE 802.11b / g / n
 - USB tipo 2.0 Host
 - Lector de tarjeta microSD
- c) **Arduino Nano**. Es una placa (ver Figura 3) basada en Atmega328 y lo caracteriza el tener solo una entrada continua de corriente, funcionando a la vez por medio de un cable USB Mini-B (Ortega, 2017).

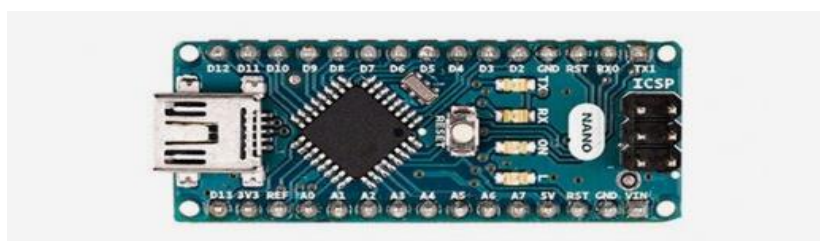


Figura 3. Arduino Nano.

Fuente: Tomando de <https://goo.gl/r86cWY>

A continuación, se presentan las especificaciones técnicas de *Arduino Nano*¹¹:

- Microcontrolador ATmega328
 - Voltaje de operación 5v
 - 22 entradas/salidas digitales. 6 son utilizados como salidas PWM
 - 8 entradas analógicas
 - Memoria Flash 32 KB
 - SRAM 2 KB
 - EEPROM 1 KB
 - Frecuencia 16 MHZ
 - Dimensiones 18 x 45 mm
- d) **Arduino Mega/2560**. Esta placa (ver Figura 4) presenta condiciones más avanzadas. Es más grande y potente, y se encuentra basado en el microcontrolador ATmega1280 (Cartegena, 2017; Tapia & Manzano, 2013).

¹¹Especificaciones técnicas de Arduino Nano. Fuente: <https://www.arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Main/ArduinoBoardNano>



Figura 4. Arduino Mega/2560.

Fuente: Tomado de <https://goo.gl/8bqjKv>

A continuación, se presentan las especificaciones técnicas de *Arduino Mega/2560*¹²:

- Microcontrolador ATmega1280
 - Voltaje de operación 5v
 - 54 entradas/salidas digitales. 15 son utilizados como salidas PWM
 - 16 entradas analógicas
 - Memoria Flash 128 KB
 - SRAM 8 KB
 - EEPROM 4 KB
 - Frecuencia 16 MHZ
 - Dimensiones 101 x 53 mm
- e) **Arduino Mini-Pro.** Esta placa (ver Figura 5) se destaca por estar especialmente diseñada para instalaciones permanentes en objetos. No contiene zócalos pres instalados y permite vincular múltiples tipos de conectores por soldadura directa (Cartegena, 2017).



Figura 5. Arduino Mini-Pro.

Fuente: Tomado de <https://goo.gl/snxhzF>

¹²Especificaciones técnicas de Arduino Mega/2560. Fuente: <https://www.arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Main/arduinoBoardMega>

A continuación, se presentan las especificaciones técnicas de *Arduino Mini-Pro*¹³:

- Microcontrolador ATmega328 o ATmega 168
- Voltaje de operación 3.3v o 5v
- 14 entradas/salidas digitales. 6 son utilizados como salidas PWM
- 6 entradas analógicas
- Memoria Flash 32 KB
- SRAM 2 KB
- EEPROM 1 KB
- Frecuencia 8 MHZ o 16 MHZ
- Dimensiones 33 x 18 mm

Por otra parte, *Arduino* tiene su propio entorno para el desarrollo de la programación. Este entorno puede ser instalado en múltiples plataformas, como lo puede ser Windows, Mac y Linux (Cartegena, 2017).

La transferencia del código se realiza mediante conexión de cables USB. Es decir, la interfaz USB permite el ingreso del código desde la computadora hasta la placa de *Arduino*, y es ahí donde se ejecuta el programa y que establece las acciones por realizar con las entradas y salidas de la placa (Cevallos Noboa, 2013).

La programación de las placas *Arduino* se realiza mediante un lenguaje propio, en una programación de alto nivel processing. No obstante, *Arduino* está fundado en C y es capaz de soportar funciones del estándar C y algunas otras de C++ (Tapia & Manzano, 2013).

Finalmente, un punto a destacar de *Arduino* consiste en que los proyectos tienen la posibilidad de ser autónomos o incluso se pueden comunicar con *software* que se encuentra en ejecución en algún ordenador (Herrera, 2017).

1.2. Raspberry Pi

Raspberry Pi es una fundación benéfica radicada en el Reino Unido que proporciona computadoras a bajo costo y de alto rendimiento para que puedan ser utilizadas en personas que quieran aprender, resolver problemas o divertirse. Busca poner producción digital en personas de todo el planeta con la intención comprender y configurar un mundo cada vez más digital (Raspberry, 2019).

¹³Especificaciones técnicas de Arduino Mini-Pro. Fuente:
<https://www.arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Main/ArduinoBoardProMini>

Esta fundación tiene como finalidad emprender la informática en el ámbito de la educación. Por tanto, desarrollan cursos gratuitos sobre computación y brinda capacitación en educadores (Raspberry, 2019). Es decir, Raspberry Pi tiene como objetivo “emprender la enseñanza de las ciencias de la computación en las escuelas” (Ortega, 2017, p. 37).

1.2.1. Primacías de Raspberry Pi

Cuando se adquiere una placa de Raspeberry Pi, está sin una configuración no tiene utilidad alguna. Para ello, se requiere implementar una serie de acciones para otorgar un funcionamiento a partir de las capacidades que esta placa concede (Escalas, 2015).

Algunas de estas capacidades que ofrece Raspberry Pi son:

- a) **Multi plataforma.** Raspberry Pi tiene la capacidad e ejecutarse sobre diferentes sistemas operativos, entre ellos: Windows, Ubuntu, Rasbbian, Pidora, Arch Linux, RaspBMC, Open Elec, Noobs (Ortega, 2017).
- b) **Software y hardware de código abierto.** Raspberry Pi consiste en una plataforma que trabaja bajo el concepto de Open Source (Ortega, 2017).

Esta plataforma, cuenta con un hardware muy potente y puede ser ejecutada en distribuciones livianas, como lo puede ser Raspbian. Por tales razones, se pueden programar aplicaciones multitarea implementando *threads* y comunicación tipo TCP/IP a través de sockets (Catalán & Blesa, 2016).

Estas primacías de Raspberry Pi conceden a los usuarios la creación de distintos proyectos, desde construir servidores web de bajo consumo, acceso a escritorios remotos hasta implementar domótica y construir una Smart TV (Ortega, 2017).

1.2.2. Características de Raspberry Pi

Al igual de *Arduino*, Raspberry Pi es una plataforma con prestaciones para la enseñanza, tiene un bajo coste y una gran comunidad que dan soporte a quienes más lo necesitan. Disponen de múltiples tutoriales, herramientas de adaptación externa y ejemplos de aplicaciones (Catalán & Blesa, 2016).

Sin embargo Raspberry Pi presenta una limitación, esta consiste en que solo contienen pines de entrada digitales y en muchas ocasiones gran cantidad de sensores transmiten sus datos de forma analógica (Escalas, 2015).

En cuando al hardware, Raspberry Pi tiene una variedad de placas y estas están compuestas y diferenciadas dependiendo de su tamaño y prestaciones. Por consiguiente, se exhiben las placas de Raspberry Pi más conocidas:

- a) **Raspberry Pi Model B+**. Este modelo (ver Figura 6) se consolida como una de las placas estándares en conjunto con su antecesor el Model A+. Mantiene alguna de las características del modelo anterior, pero integra cambios en el consumo eléctrico (Ortega, 2017).



Figura 6. Raspberry Pi Model B+.

Fuente: Tomado de <https://goo.gl/QbnjAK>

A continuación, se presentan las especificaciones técnicas de Raspberry Pi Model B+¹⁴:

- Microcontrolador SoC Broadcom BCM2835
- Voltaje de operación 5v
- 512 MB RAM
- 4 puertos USB
- HDMI audio/video
- 40 contactos de entrada/salida GPIO
- Ethernet 1 puerto 10/100
- Micro-SD
- Frecuencia 700 MHZ
- Dimensiones 85x56x17 mm

- b) **Raspberry Pi 2 Model B**: Esta placa (ver Figura 7) contiene grandes prestaciones respecto al modelo Model B+, por tanto, dispone de una serie de puertos que pueden

¹⁴ Especificaciones técnicas de Raspberry Pi Model B+. Fuente: <https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/model-b-plus.html>

ser utilizados de forma simultánea. Además de tener una memoria de gran capacidad con respecto a los modelos anteriores (Legarrea Oyarzun & Álvarez, 2015).

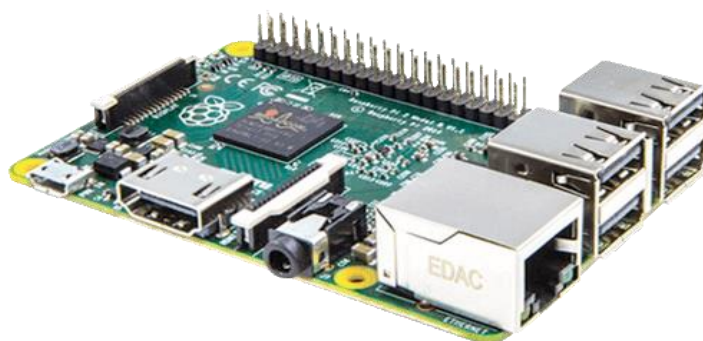


Figura 7. Raspberry Pi 2 Model B.

Fuente: Tomado de <https://goo.gl/XxLVso>

A continuación, se presentan las especificaciones técnicas de Raspberry Pi 2 Model B¹⁵:

- Microcontrolador BCM2836 ARM Cortex-A7
 - Voltaje de operación 5v
 - 1 GB SDRAM
 - 4 puertos USB
 - HDMI audio/video
 - Salida de video 1080
 - 40 contactos de entrada/salida GPIO
 - Ethernet 1 puerto 10/100
 - Micro-SD
 - Frecuencia 700 MHZ
 - Dimensiones 85x56x17 mm
- c) **Raspberry Pi 3**: Este modelo de placa (ver Figura 8) se distingue por tener un procesador muy poderoso en el mismo tamaño de placa que las anteriores, hasta 10 veces más veloz. Además, integra conexión LAN inalámbrica y Bluetooth (Casco Rosero & Sánchez Tenelanda, 2017).

¹⁵ Especificaciones técnicas de Raspberry Pi 2 Model. Fuente: <https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/raspberrypi2-specs.html>



Figura 8. Raspberry Pi 3.

Fuente: Tomando de <https://goo.gl/ZacN7a>

A continuación, se presentan las especificaciones técnicas de Raspberry Pi¹⁶:

- Microcontrolador BCM2837
- Voltaje de operación 5.1v
- 1 GB LPDDR2
- 4 puertos USB
- Coprocesador multimedia
- 1 conector de cámara CSI
- 1 conector de vídeo/audio RCA
- HDMI audio/video
- Salida de video 1080
- 40 contactos de entrada/salida GPIO
- LAN inalámbrica 802.11 b/g/n
- Bluetooth 4.1
- Micro-SD
- Frecuencia 1200 MHZ
- Dimensiones 85x56x17 mm

¹⁶ Especificaciones Técnicas de Raspberry Pi 3. Fuente: <https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/raspberrypi3-specs.html>



ANEXO III. DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

1.1. Fotografías de las sesiones de trabajo



Figura 1. Fotografía grupal

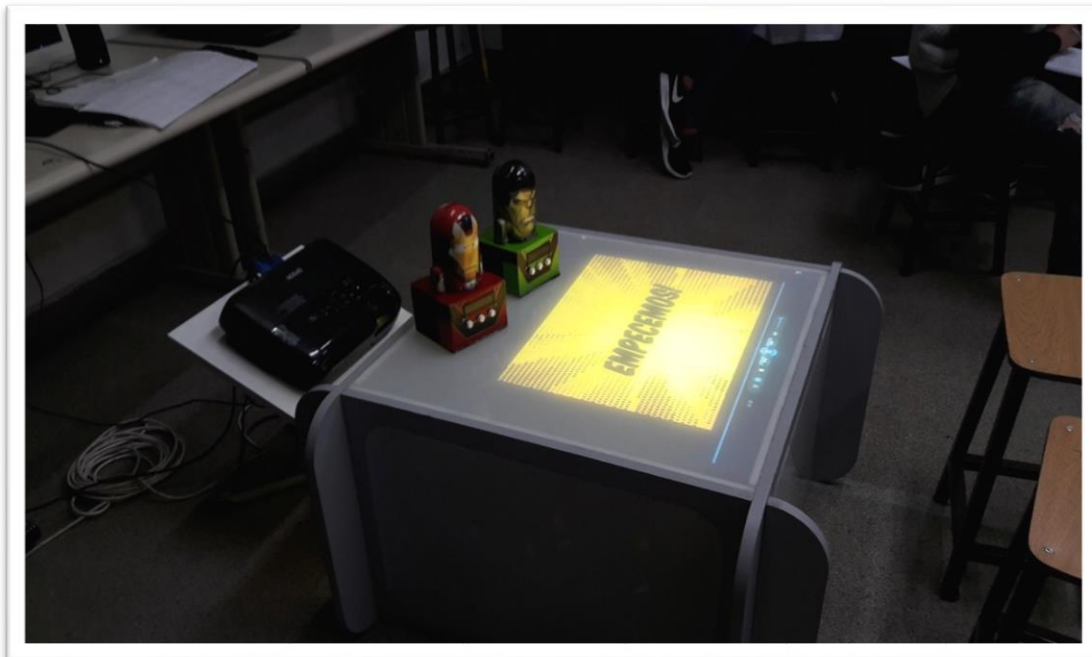


Figura 2. Inicio del juego El Conquistador.



Figura 3. Selección del país a conquistar.

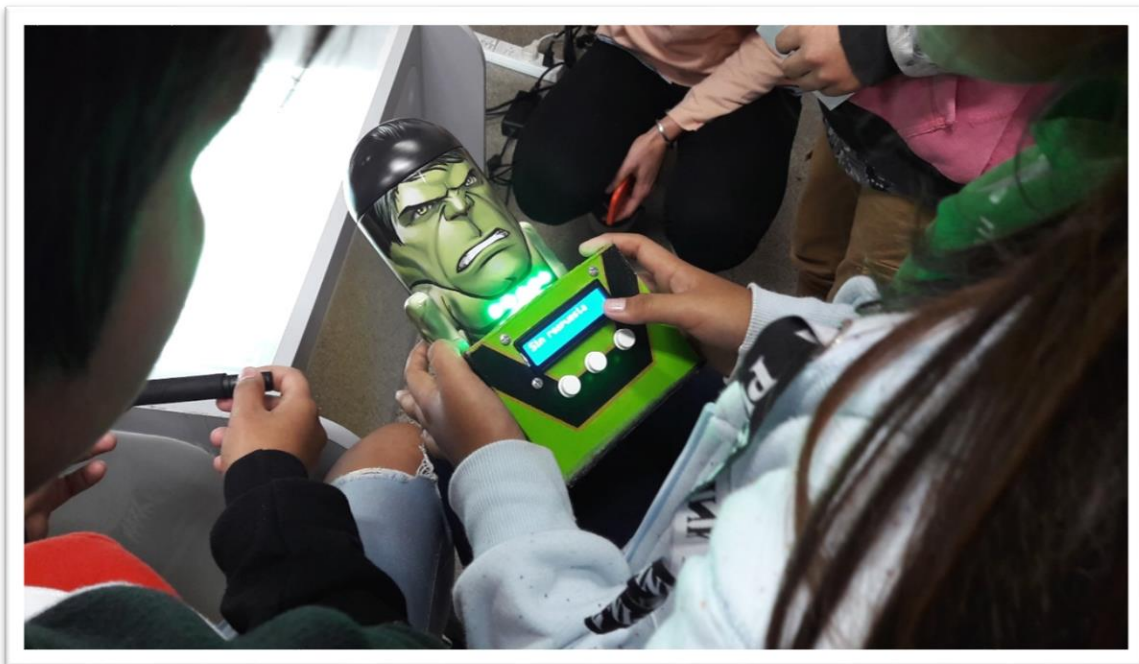


Figura 4. Respondiendo preguntas con el juguete interactivos Hulk.

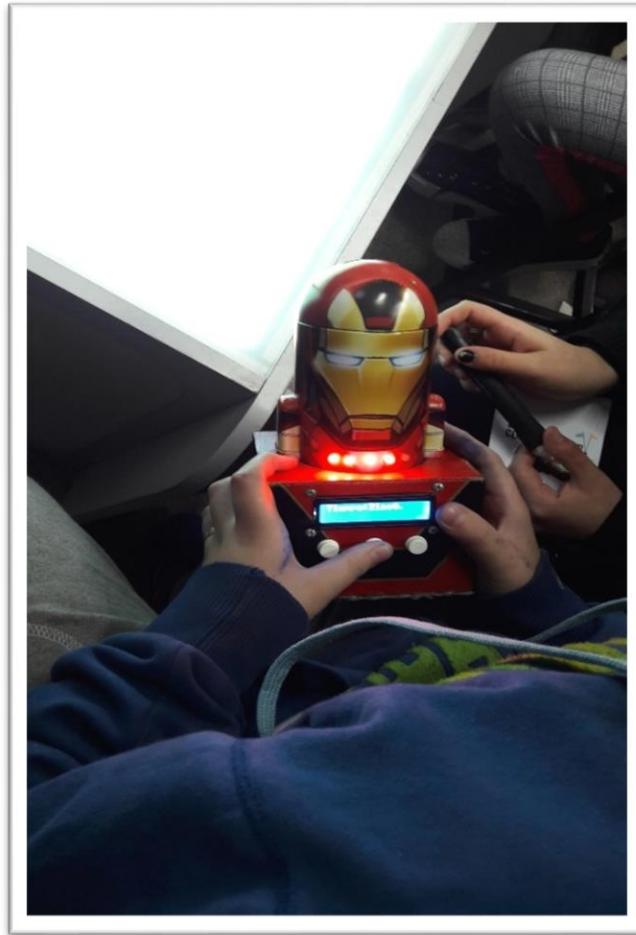


Figura 5. Respondiendo preguntas con el juguete interactivos Iron Man.



Figura 6. Atacando un país



Figura 7. Defendiendo un ataque de conquista.



Figura 8. Los estudiantes completan las evaluaciones.