



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES**

**CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

Nombre Tesis:

Metodología para la concepción de realidad extendida para personas con discapacidades físicas de interacción basada en el diseño universal para el aprendizaje y diseño centrado en el usuario

**Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias Aplicadas y Tecnología
con opción en Ingeniería de software y objetos de aprendizaje**

Presenta:

Luis Roberto Ramos Aguiar

Tutor:

Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez

Asesores:

Dr. Julio César Ponce Gallegos

Dr. César Eduardo Velázquez Amador

Aguascalientes, Ags, 02 de junio del 2025



DICTAMEN DE LIBERACIÓN ACADÉMICA PARA INICIAR LOS TRÁMITES DEL
EXAMEN DE GRADO



Fecha de dictaminación: 07/08/2025

07/08/2025

NOMBRE: Juan Roberto Ramos Aguilar

ID: 266447

PROGRAMA: Doctorado en Ciencias Aplicadas y Tecnología

LGAC (del
programa):

Ingeniería de software y estudios de aprendizaje

TIPO DE TRABAJO: | * | Tesis

| Trabajo Práctico

Metodología para la concepción de realidad extendida para personas con discapacidades físicas de interacción basada en el diseño universal para el

TÍTULO: Aprendizaje y diseño centrado en el usuario

Generó una metodología de desarrollo de software ágil y adaptable de aplicaciones de Realidad Extendida Interactiva y personal con discapacidades. Al integrar principios de Diseño Centrado en el Usuario y Diseño Universal para el Aprendizaje, esta metodología promueve experiencias tecnológicas más accesibles e inclusivas. En particular, ha beneficiado a personas con discapacidad física, facilitando su participación activa en entornos virtuales y colaborativos, mejorando la accesibilidad, la interacción y el rendimiento digital.

IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado):

INDICAR SI NO N.A. (NO APLICA) SEGÚN CORRESPONDA:

Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:				
SI	El trabajo es congruente con las LGAC del programa de posgrado.			
SI	La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario.			
SI	Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central en cada apartado.			
SI	Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda.			
SI	Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área.			
SI	El trabajo demuestra más de una aportación original al conocimiento de su área.			
SI	Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país.			
SI	Genera transversalidad del conocimiento o tecnologías.			
SI	Cumple con la ética para la investigación (reporte de la herramienta de ética).			
El egresado cumple con lo siguiente:				
SI	Cumple con lo señalado por el Reglamento General de Decanato.			
SI	Cumple con los requisitos señalados en el plan de estudios (créditos curriculares, optativos, actividades complementarias, estancia, predoctoral, etc).			
SI	Cuenta con los votos aprobatorios del comité técnico, en caso de los posgrados profesionales si tiene la tutoría de liberación el voto.			
N.A.	Cuenta con la carta de retención del Usuario.			
SI	Coincide con el título y objetivo registrado.			
SI	Tiene coherencia con cuerpos académicos.			
SI	Tiene el CVU del Comité actualizado.			
SI	Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos institucionales (en caso que proceda).			
En caso de Tesis por artículos científicos publicados:				
SI	Aceptación o Publicación de los artículos según el nivel del programa.			
SI	El estudiante es el primer autor.			
SI	El autor es correspondiente en el Tesis del Núcleo Académico Técnico.			
SI	En los artículos se ven reflejados los objetivos de la tesis, se que son producto de este trabajo de investigación.			
SI	Los artículos integran los capítulos de la tesis y se presentan en el idioma en que fueron publicados.			
SI	La aceptación o publicación de los artículos en revistas indexadas de alto impacto.			

Con base a estos criterios, se autoriza la continuación con los trámites de titulación y programación del examen de grado:

SI X

No

FIRMAS

Elabora:

* NOMBRE Y FIRMA DE: CONSEJERO SEGÚN LA LGAC DE ATRIBUCIÓN:

Dr. Juan César Ponce Gallegos

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO TÉCNICO:

Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez

* Si la tesis es de carácter de tesis de maestría, el nombre del titular de la tesis debe ser el mismo del titular de la tesis de maestría.

Revisó:

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO:

Dr. Alejandro Pineda Díaz

Autorizó:

NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO:

Mtro. Jorge Alberto Alfaro Chávez

Nota: procede el trámite para el Depto. de Apoyo al Posgrado

En cumplimiento al Art. 135C del Reglamento General de Decanato que a la letra indica que el titular de la tesis debe ser el mismo del titular de la tesis de maestría, se autoriza la continuación con los trámites de titulación y programación del examen de grado.

El presente es el Depto. de Apoyo al Posgrado.
Revisado por: D. Control Académico, mediante la cual se
Ejecutado por: D. Control Académico, mediante la cual se

Control Académico
Autorizado por:
Fecha: 08/08/2025

M. en C. Jorge Martín Alférez Chávez
 DECANO (A) DEL CENTRO DE CIENCIAS BASICAS

PRESENTE

Por medio del presente como **TUTOR** designado del estudiante **LUIS ROBERTO RAMOS AGUIAR** con ID **266432** quien realizó el trabajo de tesis titulado: **METODOLOGÍA PARA LA CONCEPCIÓN DE REALIDAD EXTENDIDA PARA PERSONAS CON DISCAPACIDADES FÍSICAS DE INTERACCIÓN BASADA EN EL DISEÑO UNIVERSAL PARA EL APRENDIZAJE Y DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO** un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirlo así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
 "Se Lumen Proferre"
 Aguascalientes, Ags., a 27 de junio de 2025

Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez
 Tutor de tesis

c.c.p.- Interesado
 c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado.
 Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión de Calidad.
 Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado.

Código: DO-SIS-FO-07
 Actualización: 01.
 Emisión: 17/05/18

M. en C. Jorge Martín Alférez Chávez
DECANO (A) DEL CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS

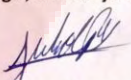
PRESENTE

Por medio del presente como **CO-TUTOR** designado del estudiante **LUIS ROBERTO RAMOS AGUIAR** con ID **266432** quien realizó el trabajo de tesis titulado: **METODOLOGÍA PARA LA CONCEPCIÓN DE REALIDAD EXTENDIDA PARA PERSONAS CON DISCAPACIDADES FÍSICAS DE INTERACCIÓN BASADA EN EL DISEÑO UNIVERSAL PARA EL APRENDIZAJE Y DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO** un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirlo así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 27 de junio de 2025


Dr. Julio Cesar Ponce Gallegos
Co-Tutor de tesis

c.c.p.- Interesado
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado
Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión de Calidad
Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado

Código: DO-SEE-FD-07
Actualización: 01
Emisión: 17/05/19

M. en C. Jorge Martín Alférez Chávez
DECANO (A) DEL CENTRO DE CIENCIAS BASICAS

PRESENTE

Por medio del presente como **ASESOR** designado del estudiante **LUIS ROBERTO RAMOS AGUIAR** con ID **266432** quien realizó el trabajo de tesis titulado: **METODOLOGÍA PARA LA CONCEPCIÓN DE REALIDAD EXTENDIDA PARA PERSONAS CON DISCAPACIDADES FÍSICAS DE INTERACCIÓN BASADA EN EL DISEÑO UNIVERSAL PARA EL APRENDIZAJE Y DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO** un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirlo así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 27 de junio de 2025



Dr. Cesar Eduardo Velázquez Amador
Asesor de tesis

c.c.p.- Interesado
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado.
Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión de Calidad.
Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado.

Código: DO-SEE-FO-07
Actualización: 01
Emisión: 17/05/19



artículos — búsqueda de artículos —

sumario anterior próximo autor materia búsqueda home alfab

Investigación bibliotecológica

versión On-line ISSN 2448-8321 versión impresa ISSN 0187-358X

Investig. bibl vol.38 no.99 Ciudad de México abr./jun. 2024
Epub 04-Abr-2025

<https://doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2024.99.58872>

ARTICLES

Digital Content for Libraries considering Extended Reality, Physical Interaction Disabilities, Universal Design for Learning and User-Centered Design: A Systematic Review

Contenidos digitales para bibliotecas desde las perspectivas de la realidad extendida, las discapacidades físicas de interacción, el diseño universal para el aprendizaje y el diseño centrado en el usuario: una revisión sistemática

Luis Roberto Ramos Aguiar*

Francisco Javier Álvarez Rodríguez*

* Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.
 roberto.ramos.nay@gmail.com, Fjalvar.uaa@gmail.com

Servicios Personalizados

Revista ▾

SciELO Analytics
 Google Scholar H5M5 (2021)

Artículo ▾

nueva página del texto (beta)
 Inglés (pdf)
 Artículo en XML
 Referencias del artículo
 Como citar este artículo
 SciELO Analytics
 Traducción automática
 Enviar artículo por email

Indicadores ◀

Links relacionados ◀

Compartir ▾

Otros
 Otros

Permalink

Methodology evaluation: Inclusion of end users in user-centered development process

Publisher: **IEEE**

[Cite This](#)

[PDF](#)

Luis Roberto Ramos Aguiar  ; Francisco Javier Álvarez Rodríguez  [All Authors](#)

55

Full

Text Views



Abstract

[Authors](#)

[Keywords](#)

[Metrics](#)

Abstract:

User-Centered Design (UCD) has taken great relevance in software development since it allows to know characteristics and particularities of the end users to whom the system is addressed, generating applications with great acceptability. Consequently, many software development methodologies decide to implement this approach, however, it is important to perform evaluation processes to ensure compliance with this feature, for this reason, this paper presents different methods of evaluation of software development methodologies and their final products, identifying a series of criteria that can be applied in future evaluations related to user-centered design, in addition, by means of a software engineering experimentation process proposed by Gomez et al 26 a software methodology evaluation tool is applied to analyze the information related to the UCD it provides, ending with a comparison between the results of the METUIGA and MEDPE methodology. The results obtained demonstrate the need to create an evaluation tool that considers the participation of the end user in the evaluation of the methodological process and the final product, since the data obtained in the experimentation process focused more on the fulfillment of the software engineering process.



applied sciences

[Submit to this Journal](#)

[Review for this Journal](#)

[Propose a Special Issue](#)

Article Menu

Academic Editor



Sandra Gama

[Subscribe SciFeed](#)

[Recommended Articles](#)

[Related Info Link](#)

[More by Authors Links](#)

Article Views

8084

Citations

13

IK

[Open Access](#) [Article](#)

Implementing Gamification for Blind and Autistic People with Tangible Interfaces, Extended Reality, and Universal Design for Learning: Two Case Studies

by Luis Roberto Ramos Aguiar ^{1,*} , Francisco Javier Álvarez Rodríguez ^{1,*} , Jesús Roldán Madero Aguiar ², Valeria Navarro Plascencia ³ , Luisa María Peña Mendoza ⁴, José Rodrigo Quintero Valdez ⁵, Juan Román Vázquez Pech ⁵ , Adriana Mendieta Leon ⁶ and Luis Eloy Lazcano Ortiz ⁷

¹ Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes 20100, Mexico

² Facultad de Economía, Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic 63000, Mexico

³ Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara, Guadalajara 44100, Mexico

⁴ Centro Universitario de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad de Guadalajara, Guadalajara 44100, Mexico

⁵ Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería en Tecnologías Avanzadas, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México 07340, Mexico

⁶ Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Tepic 63000, Mexico

⁷ Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana 22390, Mexico

* Authors to whom correspondence should be addressed.

Appl. Sci. **2023**, *13*(5), 3159; <https://doi.org/10.3390/app13053159>

Submission received: 23 November 2022 / Revised: 27 December 2022 / Accepted: 3 January 2023 / Published: 1 March 2023

(This article belongs to the Special Issue Gamification and Data-Driven Approaches in Education)

[Download](#)

[Browse Figures](#)

[Review Reports](#)

[Versions Notes](#)

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Teaching Emotions in Children With Autism Spectrum Disorder Through a Computer Program With Tangible Interfaces

Publisher: IEEE

[Cite This](#)

[PDF](#)

Luis Roberto Ramos-Aguilar  ; Francisco Javier Álvarez-Rodríguez  [All Authors](#)

7

Cites in
Papers

643

Full
Text Views



Abstract

Document Sections

- I. Introduction
- II. Background
- III. Related Works
- IV. Problem
- V. Work Methodology

[Show Full Outline](#) ▼



Authors

Abstract:

Autism spectrum disorders (ASD) belong to the permanent neurodevelopmental disorders, degrading the areas related to interaction with society, communication as well as behavior. Being the identification of emotions one of the difficulties presented in these people. The present work demonstrates the first exploratory phase showing the development of a computer tool for the understanding of emotions for children with ASD using tangible user interfaces and gamification techniques that is in process. Related works in our area of study are shown indicating our main differentiator with them. Regarding the development of the software, the METUIGA methodology has been used, exposing part of the process followed in the construction of the software. The first preliminary results of a preliminary usability evaluation using the Nielsen heuristic are shown, obtaining positive results in the system interfaces by experts in the education of children with ASD.

Published in: [IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje](#) (Volume: 16 , Issue: 4, November 2021)

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi amada esposa, Ivette Alejandra Rangel Capuchino, por su amor, paciencia y apoyo incondicional; y a mi hijo, Roberto Alejandro Ramos Rangel, quien con su sonrisa y energía me inspira a ser mejor cada día.

A mi abuela, por su ejemplo de fortaleza y valores que marcaron mi vida, y a mis padres y familia, que han sido el pilar sobre el que se construyen mis logros.

También a todas aquellas personas especiales que han estado a mi lado, impulsándome y contribuyendo a mi crecimiento como profesional y como ser humano.

Luis Roberto Ramos Aguiar

AGRADECIMIENTOS

Me van a faltar páginas para agradecer a todas las personas que, de una u otra forma, hicieron posible este trabajo. Cada consejo, gesto de apoyo, palabra de aliento y momento compartido quedó grabado en el camino que hoy culmina.

A mi esposa, **Ivette Alejandra Rangel Capuchino**, por tu amor, paciencia inagotable y fe en mí incluso en los días más difíciles. Esta tesis también es tuya.

A mi hijo, **Roberto Alejandro Ramos Rangel**, mi mayor inspiración. Que este esfuerzo sea un ejemplo de que con dedicación y perseverancia los sueños se alcanzan.

A mi Abuela **María Concepción Solís Ramírez** y a mi Madre **María Luisa Aguiar Solís**, cuyo esfuerzo, dedicación y sabiduría guiaron mi formación personal y académica. Sin ustedes, este logro no sería posible.

A mi Padre **Roberto De Jesús Ramos Crespo**, quien me motivó a dar siempre más de lo que se esperaba de mí.

A mis tíos **Martha, Zorayma, César, Ariana y Juan**, por sus palabras que siempre me hicieron sentir orgulloso de quién soy.

A la **Universidad de La Laguna**, que me abrió sus puertas bajo la dirección de la **Dra. Carina Soledad González González**, y a todos los estudiantes de Verano de Investigación, quienes formaron parte de la creación de la metodología MEEXUU, la cual representa un pilar fundamental en este trabajo.

A mis fieles compañeros de cuatro patas, Gordo, Camila y Canela, que con su cariño incondicional y alegría hicieron más ligeros los días difíciles y me recordaron la importancia de disfrutar los pequeños momentos.

Al **Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez**, mi tutor de tesis, por abrirme las puertas de su conocimiento científico y por las valiosas orientaciones que hicieron crecer este trabajo.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

A los profesores **Dr. Julio César Ponce Gallegos** y **Dr. César Eduardo Velázquez Amador**, integrantes de mi comité tutorial, por sus observaciones y contribuciones para fortalecer este proyecto.

A todos mis maestros, en cada etapa de mi formación, gracias por compartir su talento y compromiso; en ustedes encuentro parte de este logro.

A **SECIHTI** por el apoyo económico que hizo posible mi formación de doctorado.

A la **Universidad Autónoma de Aguascalientes**, institución de gran calidad, por brindarme un espacio académico y humano en el que pude crecer.

Y a quienes dejaron huella en esta etapa y con quienes compartí aprendizajes, retos y alegrías.

Con gratitud profunda, a todos ustedes: esta tesis está dedicada.

Luis Roberto Ramos Aguiar

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	1
ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABLA.....	7
1 INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.1 Preámbulo	13
1.2 Definición de la problemática.....	14
1.3 Justificación de la propuesta.....	15
1.3.1 Justificación práctica.....	15
1.3.2 Justificación social.....	18
1.3.3 Justificación técnica	19
1.4 Preguntas de investigación	21
1.4.1 Pregunta de investigación general.....	21
1.4.2 Pregunta de investigación específicas	21
1.5 Hipótesis.....	22
1.6 Objetivos.....	22
1.6.1 Objetivo General.....	22
1.6.2 Objetivos Específicos	22
2 METODOLOGÍA	23
2.1 Etapas a seguir	23
2.1.1 Recolección y análisis de información	24
2.1.2 Prueba Piloto.....	24
2.1.3 Propuesta de Solución	25
2.1.4 Evaluación Experimental de la metodología de software	25
3 ESTADO DEL ARTE.....	25
3.1 Revisión sistemática de la literatura.....	26
3.1.1 Definición de las preguntas de investigación.	27
3.1.2 Realizar la búsqueda.....	28
3.1.3 Selección de artículos para inclusión y exclusión.....	31
3.1.4 Procedimiento de extracción y síntesis de la información.....	31

3.1.5 Resultados de la revisión sistemática.....	34
3.2 Realidad Extendida.....	41
3.2.1 Realidad virtual.....	42
3.2.2 Realidad aumentada.....	45
3.2.3 Interfaces tangibles de usuario.....	47
3.3 Discapacidad.....	51
3.3.1 Ceguera.....	53
3.3.2 Autismo.....	54
3.3.3 Discapacidad y Realidad Extendida.....	55
3.4 La discapacidad desde el mundo educativo.....	56
3.5 Ingeniería de software.....	57
3.5.1 Que es una metodología y para que se utiliza.....	59
3.6 Diseño Centrado en el usuario.....	60
3.7 Análisis de metodologías de Desarrollo.....	62
3.7.1 Design thinking.....	62
3.7.2 Meconesis.....	63
3.7.3 Metodología para la evaluación de la experiencia del usuario de sistemas de software interactivos para usuarios ciegos.....	65
3.7.4 Mplu+a.....	67
3.7.5 Limitaciones de las metodologías revisadas.....	69
3.8 Diseño Universal para el Aprendizaje.....	71
3.8.1 Proporcionar múltiples medios de representación.....	72
3.8.2 Proporcionar medios de acción y expresión.....	72
3.8.3 Proporcionar múltiples medios de participación.....	73
3.8.4 Pautas del DUA.....	73
3.9 Interacción con la discapacidad (DIX).....	74
3.10 ADC Toolkit.....	76
4 PROCESO DE DEFINICIÓN DE LA METODOLOGÍA MEEXUU.....	77
4.1 Importancia de la nueva metodología.....	77
4.2 Visión General.....	78
4.3 Base de la metodología.....	79
4.4 Integración de la metodología.....	80
4.5 Proceso de construcción de la metodología MEEXUU.....	80

4.6 Descripción de la selección de los métodos de evaluación.....	82
5 PROPUESTA METODOLÓGICA MEEXUU	83
5.1 Metodología MEEXUU (Versión 1).....	83
5.1.1 Proceso de software.....	85
5.1.2 Etapa Análisis	87
5.1.3 Etapa Pre-Producción	90
5.1.4 Etapa Producción.....	94
5.1.5 Etapa Post-Producción.....	97
5.2 Metodología MEEXUU (Versión 2).....	99
5.3 Metodología MEEXUU (Versión 2.1)	105
5.4 Metodología MEEXUU (Versión 3).....	107
5.5 Diseño del logotipo de la metodología.....	108
5.6 Comparación de versiones MEEXUU.....	108
6 EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA.....	109
6.1 Definición.....	111
6.2 Diseño.....	111
6.3 Ejecución	112
6.3.1 Identificación de variables de metodologías de software a evaluar	113
6.3.2 Creación de encuesta considerando las variables de evaluación.....	116
6.3.3 Ponderación de variables de evaluación.....	116
6.3.4 Aplicación de propuesta metodológica	118
6.3.5 Evaluación de la propuesta metodológica	118
6.4 Análisis.....	119
7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	125
7.1. Versión 1 – Iteración 1 - Caso de estudio 1 “Enseñanza de conocimiento espacial a través del sonido de animales para personas ciegas”	125
7.2. Versión 1 – Iteración 2 - Caso de estudio 2 “Aplicación para la enseñanza de la divisa mexicana en personas ciegas”	128
7.2.1. Evaluación de usabilidad	130
7.3. Versión 1 – Iteración 3 – Caso de estudio 3 “Aplicación para la rehabilitación del comportamiento y desenvolvimiento de tránsito para personas con trastorno de espectro autista - Street Simulator”	131
7.3.1. Primera evaluación de una aplicación de realidad virtual	134

7.4. Versión 2 – Iteración 4 – Caso de estudio 3 “Aplicación para la rehabilitación del comportamiento y desenvolvimiento de tránsito para personas con trastorno de espectro autista - Street Simulator 2.0”	135
7.4.1 Mejora de diálogos de acuerdo con el usuario	137
7.4.2 División de misiones dentro de la ciudad	139
7.4.3 Actualización de pantalla de inicio	140
7.4.4 Indicación de camino a seguir	141
7.4.5 Avatar en los sitios de meta	141
7.4.6 Mejora de diálogos en los agentes	142
7.4.7 Características nuevas	142
7.4.8 Evaluación realizada dentro de la asociación de Autismo Aguascalientes A. C.	143
7.5. Versión 2 – Iteración 5 – Caso de estudio 4 “Aplicación para la enseñanza de sumas y restas de fracciones en personas ciegas”	147
7.5.1. Evaluación de aceptación hacia los elementos de gamificación	150
7.5.2. Evaluación de usabilidad	153
7.6. Versión 2.1 – Iteración 6 – Caso de estudio 5 “RELIF”	154
7.6.1 Evaluación de usabilidad	156
7.7. Versión 2.1 – Iteración 7 – Caso de estudio 6 “Aplicación para la enseñanza de operaciones concretas y formales en niños con autismo”	158
7.7.1 Aplicación de operaciones concretas	158
7.7.2 Aplicación de operaciones formales	160
8 ESTANCIA DE INVESTIGACIÓN	162
8.1 Herramienta desarrollada	163
8.1.1. Comprender y especificar el contexto de uso	163
8.1.2. Especificar los requisitos del usuario	164
8.1.3. Producir soluciones de diseño	165
8.1.4. Evaluar diseños frente a requisitos	166
8.2 Evaluación de la herramienta	167
9 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	170
9.1 Objetivos alcanzados	171
9.2 Respuestas de preguntas de investigación	172
9.3 Trabajos futuros	172
9.4 Limitaciones encontradas en la propuesta metodológica	174

9.5 Productividad generada	174
Bibliografía.....	174
Anexos	196
Anexo A Actividades de la etapa de Análisis de la Metodología MEEXUU	196
Anexo B Actividades de la etapa de Pre-Producción de la Metodología MEEXUU	204
Anexo C actividades de la etapa de Producción de la Metodología MEEXUU	214
Anexo D actividades de la etapa de Post-Producción de la Metodología MEEXUU	220
Anexo E Artefactos de la metodología MEEXUU.....	223
Anexo F Instrumentos de la propuesta realizada en la estancia de investigación.....	242
Anexo G Artículos, Capítulos de libro, Asesorías de Tesis, Ponencias, Registros de sistemas, Cursos.....	253
Anexo H Premios.....	282

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Proceso sugerido para la revisión sistemática propuesta por Petersen et al. (2008).	26
Fig. 2. Estructura de las preguntas de investigación.....	28
Fig. 3. Diagrama de Venn representando las categorías generales a considerar para la creación de cadenas de búsqueda.....	29
Fig. 4. Flujo de los resultados obtenidos en la revisión sistemática.	35
Fig. 5. Tendencia de publicaciones por año.	35
Fig. 6. Porcentaje de publicaciones por categoría.....	36
Fig. 7. Publicaciones finales por categorías específicas.	37
Fig. 8. Proceso general de la Revisión Sistemática realizada.	40
Fig. 9. Ciclo del Diseño Centrado en el Usuario, creación propia.....	61
Fig. 10. Fases de design thinking Institute of Design at Stanford. Fuente: Elaboración propia basada en (Arias Flores et al., 2019).....	63
Fig. 11. Proceso de la metodología MECONESIS.....	64
Fig. 12. Metodología MPlu+a. Fuente: (i Saltiveri, 2004).	68
Fig. 13. Pautas establecidas para la implementación del diseño universal para el aprendizaje. Fuente: (CAST, 2018).....	74
Fig. 14. Proceso de construcción de la metodología MEEXUU.....	81

Fig. 15. Esquema de la metodología MEEXUU	82
Fig. 16. Etapas de la metodología MEEXUU.....	83
Fig. 17. Modelo inicial de la metodología MEEXUU.....	84
Fig. 18. Relación entre componentes básicos dentro de cada etapa. Fuente: Basada en (Cristián Andrés, 2012).	85
Fig. 19. Proceso de la etapa análisis opción 1.	88
Fig. 20. Proceso de la etapa análisis opción 2.	88
Fig. 21. Actividades de la etapa análisis detalladas.	89
Fig. 22. Proceso de la etapa de Pre-Producción opción 1.	92
Fig. 23. Proceso de la etapa de Pre-Producción opción 2.	92
Fig. 24. Actividades de la etapa de Pre-Producción detalladas.	92
Fig. 25. Proceso de la etapa de Pre-Producción opción 1.	95
Fig. 26. Proceso de la etapa de Pre-Producción opción 2.	96
Fig. 27. Actividades de la etapa de Pre-Producción detalladas.	96
Fig. 28. Proceso de la etapa de Post-Producción opción 1.....	98
Fig. 29. Proceso de la etapa de Post-Producción opción 2.....	98
Fig. 30. Actividades de la etapa de Post-Producción detalladas.....	99
Fig. 31. Nuevo proceso creado.	106
Fig. 32. Logotipo generado para identificar a la metodología.	108
Fig. 33. Proceso propuesto por Gomez et al 2013.	110
Fig. 34. Proceso de evaluación diseñado considerando el proceso experimental.	112
Fig. 35. Instrumento utilizado para la evaluación de las características de una metodología de software.....	116
Fig. 36. Cálculo de las ponderaciones de las variables.	117
Fig. 37. Ponderaciones obtenidas para cada una de las características a evaluar.	118
Fig. 38. Instrumento utilizado para la evaluación de la propuesta metodológica.	119
Fig. 39. Características de una metodología de software de mayor importancia.	120
Fig. 40. Características de una metodología de software de menor importancia.....	121
Fig. 41. Matriz de evaluación con los resultados obtenidos.....	122
Fig. 42. Características de mayor importancia de la metodología MEXUU(Promedios). .	122
Fig. 43. Características de menor importancia de la metodología MEXUU(Promedios). .	124
Fig. 44. Escena principal, selección de niveles y elección del avatar.....	127
Fig. 45. Interfaces de los juegos de animales y aventura.....	127
Fig. 46. Retroalimentación recibida una vez realizada la actividad.	127
Fig. 47. Interfaz tangible utilizada para el uso de la aplicación.....	128
Fig. 48. Interfaz principal de la aplicación "aprendiendo con pesos".	129
Fig. 49. Interfaz gráfica de logros obtenidos.....	129
Fig. 50. Persona ciega escuchando retroalimentación del sistema.	131
Fig. 51. Interfaz inicial del videojuego "Street Simulator".	132
Fig. 52. Avatar dentro del entorno virtual proporcionando una instrucción.....	133
Fig. 53. Estrellas otorgadas cuando logra llegar al destino.....	133
Fig. 54. Niño con TEA interactuando con la aplicación.....	135
Fig. 55. Zonas de la ciudad para completar misiones.....	140
Fig. 56. Nueva pantalla de inicio con niveles, recompensa y como jugar integrados.....	140

Fig. 57. Dirección sobre los policías para apoyar el reconocimiento de direcciones.	141
Fig. 58. Avatar en los sitios de meta y escena de finalización como parte de la ciudad. .	141
Fig. 59. Características actualizadas, diálogos sobre los policías, cantidad de estrellas obtenidas y advertencias.	142
Fig. 60. Estrellas dentro del entorno virtual, logros obtenidos y escena de finalización...	143
Fig. 61. Nuevas características en la pantalla de inicio (Selección de niveles, explicación de mandos y logros obtenidos).	143
Fig. 62. Niños probando la aplicación "Street Simulator 2.0".	144
Fig. 63. Resultados obtenidos en el instrumento aplicado a los niños con autismo.	146
Fig. 64. Interfaz inicial de la aplicación fracciones tangibles.	148
Fig. 65. Interfaz de configuración de la aplicación fracciones tangibles.	148
Fig. 66. Interfaz de selección de nivel de la aplicación fracciones tangibles.	149
Fig. 67. Interfaz de interacción principal de la aplicación fracciones tangibles.	149
Fig. 68. Interfaz de interacción principal mostrando las estrellas obtenidas.	150
Fig. 69. Interfaz de trofeos y medallas.	150
Fig. 70. Persona ciega interactuando con la interfaz tangible y la aplicación "Fracciones tangibles".	151
Fig. 71. Persona ciega utilizando la interfaz tangible e interactuando con la aplicación. .	153
Fig. 72. Interfaces iniciales de RELIF.	155
Fig. 73. Interfaces de niveles e información del usuario	155
Fig. 74. Interfaz principal donde se realizan los ejercicios	156
Fig. 75. Persona evaluando la aplicación (RELIF).	157
Fig. 76. Interfaces graficas de la aplicación de operaciones concretas.	159
Fig. 77. Objetos tangibles utilizados en la aplicación de operaciones concretas.	160
Fig. 78. Interfaces en la aplicación de operaciones formales.	162

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Trabajos encontrados con elementos para una propuesta metodológica.	20
Tabla 2. Sinónimos seleccionados para la construcción de cadenas de búsqueda	30
Tabla 3. Cadenas de búsqueda implementadas en los distintos motores	30
Tabla 4. Criterios para evaluar la calidad de las publicaciones.	32
Tabla 5. Puntajes obtenidos en el procedimiento de extracción y síntesis de la información de los artículos evaluados.	32
Tabla 6. Resultados de búsqueda considerando o no considerando los términos "Mental" y "Cognitivo".	36
Tabla 7. Distribución de artículos por preguntas de investigación.	38
Tabla 8. Objetivos establecidos en el proceso metodológico.	84
Tabla 9. Descripción general de actividades de la etapa Análisis	87
Tabla 10. Actividades de la etapa análisis detalladas (Modo tabla).	89
Tabla 11. Descripción general de actividades de la etapa Pre-Producción	91
Tabla 12. Actividades de la etapa de Pre-Producción detalladas (Modo tabla).	93

Tabla 13. Artefactos de la etapa de pre-produccion.	93
Tabla 14. Descripción general de actividades de la etapa Producción.....	95
Tabla 15. Actividades de la etapa de Pre-Producción detalladas (Modo tabla).	96
Tabla 16. Descripción general de actividades de la etapa Producción.....	97
Tabla 17. Actividades de la etapa de Post-Producción detalladas (Modo tabla).	99
Tabla 18. Modificaciones realizadas en la etapa de Análisis.....	99
Tabla 19. Lista de artefactos que componen la etapa de Análisis.....	101
Tabla 20. Modificaciones realizadas en la etapa de Pre-Produccion.....	101
Tabla 21. Artefactos de la etapa de Pre-Produccion.	102
Tabla 22. Modificaciones realizadas en la etapa de Producción).	103
Tabla 23. Modificaciones realizadas en la etapa de Post-Producción.....	104
Tabla 24. Artefactos en la etapa de Post-Producción.....	104
Tabla 25. Artefactos dentro del proceso de selección de Realidad extendida para un usuario objetivo.....	106
Tabla 26. Comparación de versiones de la metodología MEEXUU.....	108
Tabla 27. Productos resultantes y sus participantes.....	110
Tabla 28. Retos implementados en el juego "Aprendiendo en pesos".	129
Tabla 29. Misiones implementadas en el juego "Aprendiendo en pesos".	130
Tabla 30. Resultados de satisfacción por participante.	131
Tabla 31. Retos implementados en el juego "Street Simulator".....	133
Tabla 32. Misiones implementadas en el juego Street Simulator.	134
Tabla 33. Aplicación de la versión 2 de la metodología.	136
Tabla 34. Diálogos aplicados.....	138
Tabla 35. Lista de preguntas de evaluación.....	151
Tabla 36. Resultados obtenidos.	154
Tabla 37. Resultados obtenidos por participante.	157
Tabla 38. Actividades de la etapa de Comprender y especificar el contexto de uso.....	163
Tabla 39. Actividades de la etapa de Especificar los requisitos del usuario.	165
Tabla 40. Actividades de la etapa de Producir soluciones de diseño.	166
Tabla 41. Actividades de la etapa de Evaluar diseños frente a requisitos.	166
Tabla 42. Resultados obtenidos.....	168
Tabla 43. Objetivos planteados y como se atendieron.....	171
Tabla 44. Preguntas de investigación y como se atendieron.	172

Resumen

En los últimos años, han surgido diversas metodologías para el desarrollo de software dirigido a personas con discapacidad; sin embargo, la mayoría no aborda de manera explícita la creación de soluciones de Realidad Extendida (RE) para personas con discapacidades físicas de interacción. Las metodologías existentes suelen centrarse en uno o dos tipos de discapacidad y están principalmente orientadas a tecnologías móviles o web, dejando un vacío significativo en el ámbito de la RE.

El rápido crecimiento de la Realidad Extendida ha generado una demanda creciente de enfoques más especializados para el desarrollo de soluciones accesibles en este campo. Actualmente, existe una evidente falta de herramientas y metodologías específicas que optimicen la creación de productos de software accesibles en RE, particularmente para personas con discapacidades físicas.

Al desarrollar sistemas de Realidad Extendida para este grupo, se enfrentan desafíos significativos, como la selección de la tecnología de RE más adecuada según las características físicas del usuario y la identificación de los elementos necesarios para garantizar que la aplicación sea accesible, útil y enriquecedora. Las metodologías actuales no ofrecen un enfoque integral que permita crear software de calidad que aproveche plenamente las capacidades de los usuarios con discapacidad.

Para abordar esta problemática, se propone una metodología basada en el Diseño Centrado en el Usuario (DCU) y el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), enfoques que facilitan la producción de experiencias más enriquecedoras y contenidos más accesibles para los usuarios finales. Esta metodología fue desarrollada a través de un análisis exhaustivo de la literatura, iteraciones y evaluaciones de usabilidad, culminando en su versión final (versión 3). Además, se presenta un proceso para la creación de metodologías de software y una evaluación experimental.

Los resultados de la investigación demuestran que, al colocar al usuario con discapacidad en el centro del proceso de desarrollo y seleccionar conscientemente la tecnología de RE en función de sus características físicas, es posible crear experiencias más inclusivas, accesibles y divertidas. Esta metodología no solo mejora la calidad de las soluciones de RE, sino que también contribuye a la inclusión tecnológica de las personas con discapacidades físicas.

Palabras clave: *Realidad extendida, Discapacidad, Diseño Centrado en el Usuario, Diseño Universal para el Aprendizaje, Creación de Software metodologías, Proceso experimental*

ABSTRACT

In recent years, various methodologies have emerged for developing software aimed at people with disabilities; however, most do not explicitly address the creation of Extended Reality (XR) solutions for individuals with physical interaction disabilities. Existing methodologies typically focus on one or two types of disabilities and are primarily oriented toward mobile or web technologies, leaving a significant gap in the field of XR.

The rapid growth of Extended Reality has created a growing demand for more robust and specialized approaches to developing accessible solutions in this field. Currently, there is a clear lack of specific tools and methodologies to optimize the creation of accessible software products in XR, particularly for individuals with physical disabilities.

When developing Extended Reality systems for this group, significant challenges arise, such as selecting the most suitable XR technology based on the user's physical characteristics and identifying the necessary elements to ensure the application is accessible, useful, and enriching. Current methodologies do not offer a comprehensive approach to creating high-quality software that fully leverages the capabilities of users with disabilities.

To address this issue, a methodology based on User-Centered Design (UCD) and Universal Design for Learning (UDL) is proposed. These approaches facilitate the production of more enriching experiences and more accessible content for end users. This methodology was developed through an exhaustive literature review, iterations, and usability evaluations, culminating in its final version (version 3). Additionally, a process for creating software methodologies and an experimental evaluation are presented.

The research results demonstrate that by placing the user with disabilities at the center of the development process and consciously selecting XR technology based on their physical characteristics, it is possible to create more inclusive, accessible,

and engaging experiences. This approach not only improves the quality of XR solutions but also contributes to the digital inclusion of individuals with physical disabilities.

Keywords: Extended Reality, Disability, User-Centered Design, Universal Design for Learning, Software Creation methodologies, Experiential Process



1 INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

CAPITULO 1

1 INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se presenta el preámbulo de la investigación de este documento de tesis, incluyendo la definición de la problemática, la justificación de la propuesta, la hipótesis planteada, las preguntas de investigación y los objetivos planteados.

Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado,

Un esfuerzo total es una victoria completa,

Mahatma Gandhi

1.1 Preámbulo

En la era digital, la Realidad Extendida (RE) ha emergido como una nueva herramienta, redefiniendo la forma en que interactuamos con la información y nuestro entorno. No obstante, a pesar de sus avances significativos, la inclusión de personas con discapacidad en el ámbito de la RE no ha sido abordada de manera adecuada. La falta de accesibilidad y de diseños inclusivos en las experiencias de RE excluye a un segmento importante de la población, limitando así el potencial completo de esta tecnología innovadora.

Esta tesis se posiciona en entre la Realidad Extendida y la inclusión de personas con discapacidad. En este contexto, se propone una metodología innovadora que integra dos enfoques fundamentales: el Diseño Centrado en el Usuario (DCU) y el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA). Por un lado, el DCU enfatiza la comprensión profunda de las necesidades, aspiraciones y limitaciones de los usuarios finales. Por otro, el DUA promueve la creación de experiencias accesibles

y valiosas para una audiencia diversa, independientemente de sus habilidades individuales.

El objetivo principal de este trabajo es explorar cómo la integración de estos dos enfoques puede revolucionar el desarrollo de la RE, garantizando que las personas con discapacidad no solo sean tenidas en cuenta, sino que también se conviertan en protagonistas de estas experiencias tecnológicas. A lo largo de la investigación, se analiza cómo el DCU y el DUA pueden implementarse en cada fase del proceso de desarrollo para crear experiencias inclusivas, intuitivas y significativas.

Con esta tesis, se aspira a contribuir al campo emergente de la Realidad Extendida, abriendo nuevas oportunidades para las personas con discapacidad y sentando las bases para un futuro en el que la tecnología fomente la inclusión, la equidad y la participación plena de todos los individuos en la sociedad digital.

1.2 Definición de la problemática

La problemática de este trabajo de tesis se enmarca en el ámbito de la Realidad Extendida (RE), un concepto que abarca tecnologías como la realidad virtual, la realidad aumentada y la realidad mixta. En los últimos años, la RE ha ganado relevancia en campos como la psicología, la medicina y el ámbito militar, donde se ha utilizado para potenciar las capacidades perceptivo-cognitivas y motoras de los usuarios (Le Noury et al., 2022). Sin embargo, este avance ha llevado a los desarrolladores a priorizar la creación de experiencias inmersivas altamente especializadas, las cuales suelen estar alejadas de las necesidades y realidades de usuarios con perfiles diversos, en particular, las personas con discapacidad.

A través de una revisión sistemática de la literatura, se ha identificado una brecha significativa en las metodologías de desarrollo de software para aplicaciones de RE que sean verdaderamente inclusivas y accesibles. Esta carencia se manifiesta en la falta de enfoques que integren de manera efectiva principios como el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) y el Diseño Centrado en el Usuario (DCU), los cuales tienen el potencial de generar soluciones tecnológicas que se

adapten a las características individuales y necesidades específicas de las personas con discapacidad.

En este contexto, la problemática central de esta investigación radica en la desigualdad entre las tecnologías de RE y las necesidades de las personas con discapacidad. La ausencia de una metodología de desarrollo de software que incorpore un enfoque inclusivo y centrado en el usuario ha dado lugar a experiencias de RE que, en lugar de fomentar la participación, terminan excluyendo a un segmento significativo de la población. Esta situación no solo limita el alcance de la RE, sino que también genera barreras que impiden la plena inclusión y equidad en el acceso a tecnologías innovadoras.

El desafío principal de este trabajo de tesis consiste en disminuir esta brecha, integrando las tecnologías de RE con un enfoque inclusivo que combine el DCU y el DUA. El objetivo es desarrollar una metodología y aplicaciones de RE que se ajusten de manera precisa a las necesidades y capacidades de las personas con discapacidad, garantizando que estas tecnologías sean accesibles, intuitivas y significativas para todos los usuarios. Al abordar esta problemática, se busca no solo ampliar el potencial de la RE, sino también promover la igualdad de oportunidades y la participación de todos los individuos en la era de la tecnología inmersiva.

1.3 Justificación de la propuesta.

En esta sección, se presentan tres tipos de justificación para la propuesta metodológica, estas son: justificación social, técnica y práctica.

1.3.1 Justificación práctica

La justificación práctica de esta tesis se sustenta en seis casos de estudio, cada uno diseñado para abordar necesidades específicas de aprendizaje en personas con discapacidades visuales y trastornos del espectro autista (TEA). Estos casos de estudio no solo demuestran la aplicabilidad de la metodología propuesta, sino que también evidencian su potencial para mejorar la calidad de vida y el aprendizaje de estos grupos.

Caso de estudio 1: Enseñanza de conocimiento espacial a través del sonido de animales para personas ciegas

Este caso de estudio se centró en la enseñanza de conceptos espaciales mediante el uso de sonidos de animales, dirigido a personas ciegas. Las personas con discapacidad visual enfrentan numerosos desafíos en su vida cotidiana, como identificar objetos, navegar en espacios desconocidos, interactuar con interfaces digitales y seleccionar elementos no visuales en pantallas (Khan & Khusro, 2021). Este caso sirvió como base inicial para la propuesta metodológica, permitiendo ajustes basados en la experiencia de los usuarios y sentando las bases para los siguientes estudios.

Caso de estudio 2: Identificación de divisas mexicanas para personas ciegas

El segundo caso de estudio abordó la identificación de billetes y monedas mexicanas por parte de personas ciegas. Las personas con discapacidad visual enfrentan dificultades diarias para distinguir entre diferentes denominaciones monetarias, lo que puede afectar su independencia y seguridad financiera (Brady et al., 2013). Para abordar este problema, se desarrolló un videojuego llamado Aprendiendo con Pesos, que combina interfaces tangibles, mecánicas de gamificación y principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA). Este juego tiene como objetivo enseñar a los usuarios a identificar y utilizar la divisa mexicana de manera efectiva.

Caso de estudio 3: Mejora del desenvolvimiento en el entorno para niños con autismo

El tercer caso de estudio se enfocó en mejorar las habilidades de navegación y seguridad en el entorno de niños con trastornos del espectro autista (TEA). Los niños con TEA suelen experimentar dificultades en la comprensión de señales no verbales y en la adquisición de nociones de espacio y tiempo, lo que puede poner en riesgo su seguridad física (Cuevas Aguirre, 2019). Para abordar esta problemática, se desarrolló Street Simulator, un videojuego de realidad virtual que

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

utiliza mecánicas de gamificación y avatares para guiar a los niños en la simulación de situaciones del mundo real, como cruzar calles o navegar en espacios públicos.

Caso de estudio 4: Enseñanza de sumas y restas de fracciones para niños ciegos

El cuarto caso de estudio se centró en la enseñanza de operaciones básicas con fracciones para niños ciegos. Las personas con discapacidad visual suelen enfrentar dificultades en la comprensión de conceptos matemáticos abstractos, como las fracciones, debido a la falta de representaciones visuales (Wahyudi et al., 2023). Para abordar este desafío, se desarrolló la aplicación Fracciones Tangibles, que utiliza interfaces tangibles (TUI) y principios del DUA para facilitar el aprendizaje de sumas y restas de fracciones a través del tacto.

Caso de estudio 5: Apoyo a la recuperación de pacientes con parálisis facial mediante visión artificial

El quinto caso de estudio se enfocó en el desarrollo de una solución de software para apoyar la recuperación de pacientes con parálisis facial. Utilizando visión artificial, esta herramienta busca facilitar la labor de los especialistas en fisioterapia, permitiendo una recuperación más rápida y efectiva. Este caso demuestra la versatilidad de la metodología propuesta, aplicándola en un contexto médico y de rehabilitación.

Caso de estudio 6: Enseñanza de operaciones concretas y formales en niños con autismo mediante realidad virtual

El último caso de estudio abordó la enseñanza de operaciones concretas y formales en niños con autismo. Durante la etapa de operaciones concretas, los niños piensan principalmente en objetos tangibles, mientras que en la etapa de operaciones formales desarrollan la capacidad de razonamiento abstracto (McLeod, 2024)(Caldeira & Carvalho, 2021). Para apoyar este proceso, se desarrollaron dos aplicaciones de realidad virtual que utilizan mecánicas de gamificación y principios

del DUA, permitiendo a los niños con TEA aprender y practicar conceptos matemáticos de manera interactiva y adaptada a sus necesidades.

1.3.2 Justificación social

Desde una perspectiva social, la Organización Mundial de la Salud (2023) estima que aproximadamente 1,300 millones de personas, lo que representa el 16 % de la población mundial, viven actualmente con una discapacidad significativa. Esta cifra continúa en aumento debido al incremento de enfermedades no transmisibles y a la mayor esperanza de vida. En el ámbito nacional, según el Censo de Población y Vivienda realizado por el INEGI (2024), en 2023 se registraron 8.8 millones de personas de cinco años o más con alguna discapacidad en México, de las cuales el 46.5 % son hombres y el 53.5 % mujeres. Entre las entidades federativas, Zacatecas reportó el mayor porcentaje de población con discapacidad, con un 11.2 %.

Partiendo desde el hecho de que actualmente no existen suficientes herramientas de Realidad Extendida (RE) para personas con discapacidad, el desarrollo de una metodología de software para RE que incorpore los principios de Diseño Centrado en el Usuario (DCU) y el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) es de gran importancia desde una perspectiva social debido a diversas razones fundamentales:

- **Accesibilidad para Todos:** La RE ofrece experiencias inmersivas que pueden ser utilizadas en diversos contextos, desde educación hasta entretenimiento. Al aplicar el DUA y el DCU en el desarrollo de software de RE, se asegura que estas experiencias sean accesibles para todas las personas, incluidas aquellas con discapacidades. Esto promueve la inclusión y permite que un público diverso participe y se beneficie por igual.
- **Innovación Inclusiva:** Al implementar una metodología de software de RE con DCU y el DUA, se fomenta la innovación inclusiva. Esto significa que las soluciones RE no solo se diseñan pensando en un usuario "promedio", sino

que se adaptan a una variedad de necesidades y capacidades, ampliando así el alcance y el impacto de la tecnología.

- **Empoderamiento Educativo:** La RE tiene un gran potencial educativo al ofrecer experiencias de aprendizaje inmersivas y atractivas. Al implementar el DCU y el DUA, se crean herramientas RE que se ajustan a diferentes estilos de aprendizaje y necesidades individuales, empoderando a los estudiantes y permitiéndoles adquirir conocimientos de manera efectiva.
- **Mejora de la Experiencia de Usuario:** Al considerar las necesidades y preferencias de los usuarios al diseñar software RE, se mejora significativamente la experiencia de usuario. Interfaces intuitivas, navegación clara y adaptación a diferentes dispositivos y modos de interacción hacen que la tecnología RE sea más amigable y satisfactoria para todos los usuarios.
- **Transformación Social:** Al crear soluciones RE que son inclusivas y accesibles, se contribuye a la transformación social al derribar barreras y estereotipos que puedan existir en torno a las discapacidades. Esto promueve una sociedad más justa y equitativa, donde las personas con discapacidad tienen igualdad de oportunidades en el uso y disfrute de la tecnología.

En conclusión, desarrollar una metodología de software de RE implementando el DCU y el DUA tiene un impacto social positivo al promover la inclusión, la innovación y la igualdad de oportunidades en el ámbito de la tecnología inmersiva.

1.3.3 Justificación técnica

Mediante una revisión sistemática de la literatura, se analizaron 718 artículos relacionados con los temas centrales de esta tesis. Los resultados evidenciaron una brecha significativa en la literatura científica y técnica: la falta de una metodología de desarrollo de software que integre la Realidad Extendida (RE), el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) y el Diseño Centrado en el Usuario (DCU),

especialmente en el contexto de personas con discapacidades físicas de interacción.

Esta carencia metodológica refleja un vacío crítico en la implementación de tecnologías inmersivas y enfoques de diseño inclusivo. La inexistencia de un marco estructurado para el desarrollo de RE limita la creación de experiencias accesibles y adaptadas a las necesidades específicas de usuarios con requerimientos de interacción particulares.

La principal motivación de este trabajo radica en abordar esta problemática. La propuesta metodológica busca integrar tres pilares fundamentales:

- Selección de tecnologías de RE según las capacidades y necesidades del usuario.
- Aplicación de las pautas del DUA para garantizar accesibilidad y adaptabilidad.
- Incorporación del DCU para optimizar la experiencia de usuario desde su concepción.

Cabe destacar que esta metodología se fundamenta en hallazgos concretos derivados de la revisión sistemática, asegurando su relevancia y alineación con el estado actual de la investigación. Al sintetizar estos elementos, la propuesta no solo responde a las limitaciones identificadas, sino que también promueve la inclusión y la innovación en el desarrollo de software basado en RE.

A continuación, la Tabla 1 presenta una selección de trabajos relevantes identificados durante la revisión, cuyos aportes pueden integrarse en la metodología propuesta.

Tabla 1. Trabajos encontrados con elementos para una propuesta metodológica.

Nombre	Descripción de parte interesante	Fuente
School of the Future: A Comprehensive Study on the Effectiveness of Augmented Reality as a Tool for Primary School Children's Education	Presenta un proceso metodológico para el desarrollo de una aplicación de realidad aumentada, las etapas observadas con las de diseño y proceso de desarrollo.	(Afnan et al., 2021)

3D Interactive Learning Environment as a Tool for Knowledge Transfer and Retention	Se observa un proceso metodológico para la creación de Realidad Virtual, las etapas mostradas son las de análisis y colección de referencias, creación de componentes 3D Y 2D, creación del entorno virtual, pruebas y utilización.	(Krajčovič et al., 2021)
Development of Augmented Reality Application for Learning Computer Network Device	Presenta el desarrollo de una aplicación de realidad aumentada siguiendo las etapas metodológicas de Identificación del problema, planeación, diseño, pruebas, implementación y evaluación del sistema.	(Hamzah et al., 2021)
Combining immersion and interaction in XR training with 360-degree video and 3D virtual objects	Muestra experiencias en Realidad extendida y presenta una aplicación de video en 360 relacionada con el aprendizaje cerebral, además, utiliza una metodología de diseño centrado en el humano y un enfoque basado en el ISO 13407.	(Zucchi et al., 2020)
An evaluation framework for virtual reality safety training systems in the South African mining industry	Presenta el desarrollo de una aplicación de realidad virtual, para esto, implementan una metodología con las etapas de análisis del problema, diseño de solución, desarrollo de solución, evaluación en la práctica y reflexión.	(van Wyk & de Villiers, 2019)

1.4 Preguntas de investigación

En esta sección, se mencionan las preguntas de investigación planteadas para este proyecto de tesis.

1.4.1 Pregunta de investigación general

- ¿Cómo puede generarse una metodología para la construcción de Realidad Extendida en personas con discapacidades físicas de interacción implementando Diseño Universal para el Aprendizaje basada en el diseño centrado en el usuario?

1.4.2 Pregunta de investigación específicas

- ¿Qué elementos deben considerarse para la correcta implementación de Realidad Extendida según la discapacidad de interacción física del usuario final?
- ¿Qué métodos y herramientas debe tener un modelo de construcción de Realidad Extendida considerando discapacidades físicas de interacción

implementando Diseño Universal para el Aprendizaje basada en el diseño centrado en el usuario?

- ¿Qué instrumentos de evaluación se pueden adaptar a un modelo de construcción de Realidad Extendida considerando discapacidades físicas de interacción, Diseño Universal para el Aprendizaje y Diseño Centrado en el Usuario?
- ¿Cuáles son las mejores y peores características de la metodología propuesta con base en la ingeniería de software?

1.5 Hipótesis

La implementación de una metodología de desarrollo de Realidad Extendida (RE) que integre sistemáticamente los principios del Diseño Centrado en el Usuario (DCU) y el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) generará experiencias inmersivas significativamente más accesibles e inclusivas para usuarios con discapacidad. Esta integración metodológica no solo optimizará la usabilidad y relevancia de las aplicaciones de RE, sino que también promoverá una mayor participación de esta población y facilitará la adopción de tecnologías inmersivas en contextos educativos y sociales.

1.6 Objetivos

En esta sección, se mencionan los objetivos planteados para dar solución a este trabajo de tesis.

1.6.1 Objetivo General

- Definir una metodología para la concepción de Realidad Extendida (RE) en personas con discapacidades físicas de interacción implementando Diseño universal para el aprendizaje basada en el diseño centrado en el usuario.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Revisar y analizar el estado del arte de Realidad extendida, Diseño Universal para el Aprendizaje y Diseño Centrado en el Usuario.

- Definir una metodología de construcción de Realidad Extendida considerando discapacidades físicas de interacción implementando Diseño Universal para el Aprendizaje basada en el Diseño Centrado en el Usuario.
- Indagar e implementar herramientas para medir la usabilidad que puedan ser adaptadas al modelo propuesto.
- Evaluar la metodología propuesta a través de proceso experimental de metodologías de software.

2 METODOLOGÍA

CAPITULO 2

2 METODOLOGÍA

En esta sección se describe el proceso metodológico seguido en esta investigación para la concepción de la metodología MEEXUU.

El 90% del éxito se basa simplemente en insistir

Woody Allen

2.1 Etapas a seguir

Para la realización de este documento de tesis se tomó como base el documento “Metodología para la evaluación de la Experiencia del usuario de sistemas De software interactivos para Usuarios ciegos” propuesto por (Álvarez et al., 2019), además, se siguió un enfoque cualitativo a través de la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación (Vega et al., 2014). Como resultado de esto, se definieron las etapas de Recolección y análisis de información, Prueba piloto, Propuesta de solución y Evaluación Experimental de la metodología de software, las cuales se desarrollaron durante todo el trabajo de tesis para llegar a la mejor solución posible.

2.1.1 Recolección y análisis de información

Se realizó una revisión sistemática de la literatura para identificar aquellos trabajos de investigación que son relevantes en los temas planteados durante este trabajo de tesis (Realidad Extendida, Realidad virtual, Realidad aumentada, discapacidad y Diseño centrado en el Usuario, Diseño Universal para el Aprendizaje), para esto, se siguió el protocolo para la ejecución de revisiones sistemáticas orientadas a estudios en ingeniería de software propuesta por Petersen et al. (2008).

Las etapas por seguir fueron, definición de las preguntas de investigación, conducir la búsqueda de artículos, selección de artículos para inclusión y exclusión, palabras clave de los resúmenes y extracción de datos y proceso de mapeo. Para observar los resultados obtenidos en la recolección y análisis de información diríjase a la **sección 3.1 Revisión sistemática de la literatura**.

2.1.2 Prueba Piloto

El proceso de validación se realizó mediante iteraciones consecutivas que funcionaron como pruebas piloto de la metodología propuesta. En cada ciclo se desarrollaron productos de software dirigidos a poblaciones con discapacidades específicas, particularmente personas con ceguera y trastorno del espectro autista. Los resultados demostraron que las interfaces implementadas cumplieron consistentemente con los criterios de accesibilidad y usabilidad establecidos en la propuesta metodológica (ver Sección 5), lo que se corroboró mediante evaluaciones sistemáticas de usabilidad y aceptación.

Detalles de implementación:

- Las iteraciones correspondientes a las secciones 7.1 a 7.6 fueron desarrolladas principalmente por estudiantes de la Universidad Autónoma de Aguascalientes y alumnos visitantes de otras instituciones durante los periodos de verano de investigación (junio-agosto)
- La iteración 7.7 constituyó una excepción al emplear un equipo de desarrollo profesional

2.1.3 Propuesta de Solución

Para definir la propuesta final de este documento de tesis, se llevaron a cabo diversas iteraciones utilizando la metodología MEEXUU. Estas iteraciones se detallan en el apartado 7, titulado Resultados y discusión, donde se analizan los avances y ajustes realizados. Asimismo, las versiones preliminares de la propuesta metodológica se encuentran documentadas en la sección 5, denominada Propuesta metodológica MEEXUU.

2.1.4 Evaluación Experimental de la metodología de software

La evaluación de la metodología MEEXUU se llevó a cabo mediante un proceso experimental de ingeniería de software (IS), estructurado en las etapas de Definición, Diseño, Ejecución y Análisis. Este proceso tuvo como objetivo identificar las fortalezas y debilidades de la propuesta metodológica, basándose en criterios establecidos por la ingeniería de software.

El desarrollo completo de este proceso de evaluación se detalla en la sección 6 de este documento.

3 ESTADO DEL ARTE

CAPITULO 3

3 ESTADO DEL ARTE

En esta sección se presenta la revisión de la literatura relacionada con los principales elementos que constituyen este trabajo de tesis. Estos elementos son: Realidad Extendida, Discapacidades Físicas, Diseño Universal para el Aprendizaje, Diseño Centrado en el Usuario y Metodologías de Software. Además, se exponen conceptos clave que ayudarán a comprender el contexto completo de este trabajo.

Aprender sin pensar es inútil.

Pensar sin aprender, peligroso

Confucio

3.1 Revisión sistemática de la literatura

Para la revisión bibliográfica, se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura sobre los temas relacionados con el presente proyecto. Esta revisión se basó en la metodología propuesta por Petersen et al. (2008), la cual establece un protocolo específico para la realización de revisiones sistemáticas en el ámbito de la ingeniería de software. El proceso seguido para esta revisión se estructuró siguiendo las cinco etapas principales:

- Definición de las preguntas de investigación.
- Conducir la búsqueda de artículos.
- Selección de artículos para inclusión y exclusión.
- Palabras clave de los resúmenes.
- Extracción de datos y proceso de mapeo.

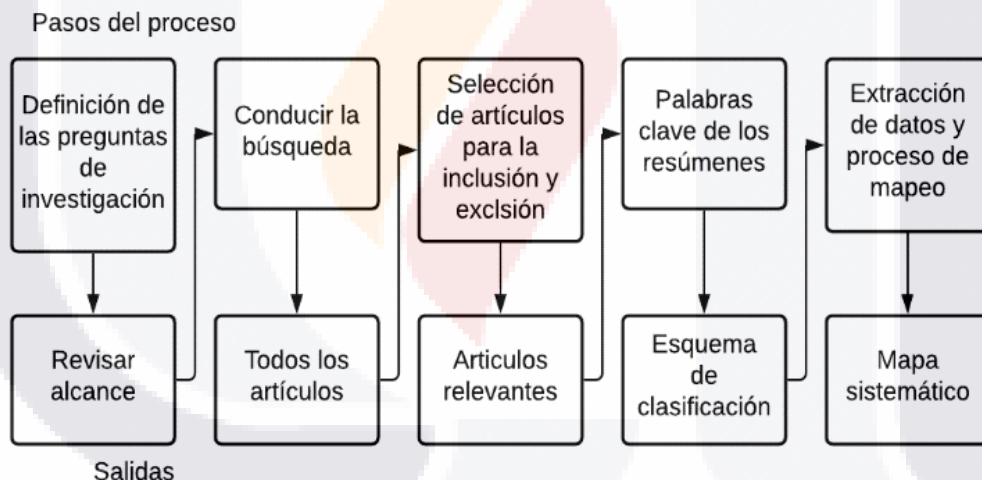


Fig. 1. Proceso sugerido para la revisión sistemática propuesta por Petersen et al. (2008).

Cada paso dentro del protocolo tiene como consecuencia el resultado final de la revisión sistemática, a continuación, se describen cada uno de los pasos propuestos por Petersen et al. (2008) y su aplicación en este trabajo de investigación.

3.1.1 Definición de las preguntas de investigación.

El objetivo principal de este estudio es identificar las investigaciones existentes y que se relacionan para la construcción de un modelo de desarrollo de Realidad Extendida considerando Discapacidades Físicas de Interacción utilizando un enfoque de Diseño Universal para el Aprendizaje y Diseño Centrado en el Usuario. Para esto, se establecieron tres objetivos específicos y así lograr resolver el objetivo principal, los objetivos específicos establecidos son los siguientes:

- Proporcionar información relacionada en el campo de la Realidad Extendida, Discapacidades Físicas de Interacción, modelos o metodologías de software, Diseño Centrado en el Usuario y Diseño Universal para el Aprendizaje.
- Ayudar a los investigadores y a las partes interesadas a la identificación de atributos o patrones para la construcción de una futura metodología implementando Realidad Extendida.
- Generar información sobre métodos de evaluación utilizados por los autores en los estudios encontrados.

Posteriormente, se construyeron las preguntas de investigación para conseguir los objetivos establecidos, con base en los resultados obtenidos en la revisión sistemática se pretende identificar la respuesta a las preguntas anteriormente definidas y desarrollarlas durante el transcurso de la investigación:

- ¿Cuáles son las principales investigaciones que proponen un modelo o metodología aplicado a Realidad Extendida considerando Discapacidades Físicas de Interacción, Diseño Universal para el Aprendizaje y Diseño Centrado en el Usuario?
- ¿Cuáles son las principales atributos o patrones observados en modelos o metodología aplicado a Realidad Extendida, Discapacidades Físicas de Interacción, ¿Diseño universal para el Aprendizaje y Diseño Centrado en el Usuario?
- ¿Cuáles son los mecanismos o métodos de evaluación encontrados para validar aplicaciones que implementen Realidad Extendida, Diseño Universal para el Aprendizaje y Diseño Centrado en el Usuario que puedan ser utilizadas para una futura propuesta metodológica?



Fig. 2. Estructura de las preguntas de investigación.

3.1.2 Realizar la búsqueda.

Las primeras búsquedas se realizaron en septiembre del 2021, el proceso de recolección de la información se realizó implementando diferentes motores de búsqueda como Google Scholar, Science Direct, IEEE Xplore y ACE Library. Se decidió implementar estos motores de búsqueda debido a la gran colección de artículos científicos a los que tienen acceso, a que permiten el uso de operadores lógicos para una búsqueda más precisa y, además, han sido aplicados en estudios similares en el área de las tecnologías de la información (Alves Ribeiro et al., 2018; MacHado et al., 2021; Ruiz De Gauna et al., 2020).

Para la construcción de las cadenas de búsqueda se realizaron diferentes categorías donde se tomaron en cuenta características de los objetivos del proyecto, para esto se tomó en consideración el diagrama de Venn de la figura 3 el cual representa las categorías a considerar para la creación de las cadenas de búsqueda.



Fig. 3. Diagrama de Venn representando las categorías generales a considerar para la creación de cadenas de búsqueda.

Las categorías definidas para la construcción de las cadenas de búsqueda son las siguientes:

- Artículos que consideren el Diseño Centrado en el Usuario y la Realidad Extendida.
- Artículos que consideren Modelos o Metodologías de software y Realidad Extendida.
- Artículos que consideren Discapacidades físicas de interacción y Realidad Extendida sin considerar aspectos Cognitivos y mentales.
- Artículos que consideren el Diseño Centrado en el Usuario e Instrumentos de evaluación.
- Artículos que consideren Instrumentos de evaluación y Realidad Extendida.
- Artículos que consideren el Diseño Centrado en el Usuario, Discapacidad física y Realidad Extendida.
- Artículos que consideren el Diseño Centrado en el Usuario, Diseño Universal para el Aprendizaje y Discapacidades físicas de interacción.
- Artículos que consideren Realidad extendida y Diseño Universal para el Aprendizaje

Una vez definidas las categorías para la construcción de las cadenas de búsqueda se realizó una elección de diferentes sinónimos para mejorar los resultados obtenidos, los sinónimos seleccionados se pueden ver en la tabla 2.

Tabla 2. Sinónimos seleccionados para la construcción de cadenas de búsqueda

Palabra en español	Sinónimos de búsqueda en ingles
Realidad Extendida	Extended Reality Extended Realities Immersive Technology
Diseño centrado en el usuario	User centered design User centric design User center design
Metodología o modelo de desarrollo de software	Software development methodology Software model Software development model Methodology
Discapacidades físicas de interacción (Sin considerar problemas cognitivos)	Physical disabilities Physical disability Physical impairment Cognitive Mental Interaction disability
Diseño Universal para el Aprendizaje	Universal Design for Learning
Evaluación	Evaluation tool Evaluation instrument

Posteriormente, se realizaron cadenas de búsqueda con base en las categorías y sinónimos definidos, implementando operadores lógicos según su objetivo. En la tabla 3 se pueden observar las cadenas de búsqueda implementadas por característica y sus respectivos operadores lógicos.

Tabla 3. Cadenas de búsqueda implementadas en los distintos motores

Característica	Cadena de búsqueda
Diseño centrado en el usuario y Realidad Extendida	("User") AND ("centered design" OR "centric design" OR "center design") AND ("Extended reality" OR "Extended realities" OR "Immersive Technology") NOT Cognitive NOT Mental
Modelo o metodología de software y Realidad Extendida	("Software model" OR "Software development model" OR "Software development methodology" OR "Software methodology" OR "proposed methodology") AND ("Extended realities" OR "Extended reality" OR "Immersive Technology")
Discapacidad física de interacción y Realidad Extendida (Sin considerar problemas cognitivos)	("Physical") AND ("disabilities" OR "disability" OR "impairment") AND ("Extended realities" OR "Extended reality" OR "Immersive Technology") NOT Cognitive NOT Mental
Diseño centrado en el usuario y evaluación	("User" "centered evaluation" OR "center design evaluation") AND ("Software evaluation" OR "Methodology Evaluation")
Herramientas de evaluación y Realidad Extendida	("Evaluation tool" OR "Evaluation instrument" OR "Usability instrument" OR "Experience evaluation") AND ("Extended realities" OR "Extended reality" OR "Immersive Technology")

Diseño centrado en el usuario, Discapacidad física y Realidad Extendida.	("User") AND ("centered design" OR "center design" OR "Centered focus") AND ("Physical") AND ("disabilities" OR "disability" OR "interaction disability" OR "interaction impairment") AND ("Extended reality" OR "Extended realities" OR "Immersive Technology") -Mental - Cognitive
Diseño centrado en el usuario, Diseño Universal para el aprendizaje, Discapacidad física	("User" AND "centered design" OR "center design" OR "Centered focus") ("Universal Design for Learning") ("Physical" "disabilities" OR "disability" OR "interaction disability" OR "interaction impairment")
Extended Reality, Universal Design for Learning	("Extended realities" OR "Extended reality" OR "Immersive Technology") "Universal Design for Learning"

3.1.3 Selección de artículos para inclusión y exclusión.

En esta sección, se establecieron los criterios de inclusión y exclusión de los artículos seleccionados, para ello se tomaron en cuenta los criterios publicados por (Buela-Casal, 2003; Humanante-Ramos et al., 2017).

1. Criterios de inclusión

- Artículos en ingles que se refieran a Realidad extendida, Discapacidades Físicas de Interacción, Diseño universal para el aprendizaje y Diseño Centrado en el Usuario.
- Artículos publicados entre 2016 y 2021 en revistas, conferencias, congresos o talleres de prestigio con revisión por pares.
- Que incluyan uno o más términos de búsqueda en el título de acuerdo con los temas expuestos en las preguntas de investigación.
- Que presenten conclusiones coherentes desde el punto de vista tecnológico.
- Que sean revisiones criticas debidamente justificadas, de uno o más términos de búsqueda de acuerdo con los temas expuestos en las preguntas de investigación.

2. Criterios de exclusión

- Trabajos duplicados.
- Trabajos donde se contemple el tema de investigación de manera superficial.
- Que no incluyan correctamente los términos de búsqueda.
- Tipos de estudios de debate, o disponibles solo en forma de presentaciones o resúmenes.
- Tipos de estudio en libros o artículos de libro.

3.1.4 Procedimiento de extracción y síntesis de la información.

Una vez realizada la consulta en los distintos motores de búsqueda se obtuvieron 718 publicaciones, posteriormente, se procedió a una primera evaluación con base en los criterios de inclusión y exclusión previamente definidos, para esto

se elaboró una matriz de compuesta por, Título, Resumen, Palabras clave, Año de publicación, Autores y Tipo de documento (Artículo, Libro, Reporte), como resultado de esta matriz de evaluación se seleccionaron 76 artículos finales los cuales fueron evaluados con una escala de 1 a 5 según los criterios propuestos por Humanante-Ramos et al. (2017) (Ver tabla 4).

Tabla 4. Criterios para evaluar la calidad de las publicaciones

Puntaje	Criterio de evaluación de calidad
1	Constituyen estudios bibliográficos descriptivos sin mayor profundidad.
2	Son aportes teóricos que proponen nuevos enfoques o tendencias.
3	Incluyen propuestas de diseño y/o implementaciones debidamente fundamentadas.
4	Presentan experiencias prácticas de implementación sobre contextos reales de aprendizaje.
5	A más de lo contemplado en el nivel 4 evalúan dichas implementaciones, presentando resultados claros y replicables.

Posteriormente, siguiendo las pautas establecidas por Humanante-Ramos et al. (2017) una vez puntuados los documentos, se procedió a seleccionar solo aquellos que alcanzaron valores mayores o iguales a 3, en la tabla 5 se pueden observar la puntuación asignada a cada artículo evaluado en esta etapa de la revisión sistemática.

Tabla 5. Puntajes obtenidos en el procedimiento de extracción y síntesis de la información de los artículos evaluados.

Puntaje	Artículo
1	(Vi et al., 2019), (Le et al., 2020), (Fominykh et al., 2020), (Stark et al., 2019), (Stark et al., 2020), (Maples & Dima, 2021), (Doolani et al., 2020), (Puthenpura & Marks, 2021), (Mosher & Carreon, 2021), (Dombrowski et al., 2018), (Grant & Mairn, 2020), (Norouzi et al., 2019), (Panagiotidis, 2021), (Cook & Gregory, 2018), (Segura et al., 2019), (Pallot & Richir, 2016), (Konig et al., n.d.), (Kulzer & Burmester, 2020)
2	(Lazaro et al., 2021), (Bertrand et al., 2021), (Semerikov et al., 2021), (Jones et al., 2020), (Mathew & Pillai, 2020), (Casanova et al., 2020), (Carreon et al., 2020), (Boletsis & Kongsvik, 2019), (Lin et al., 2018), (Nowak et al., 2019), (Kern & Ellermeier, 2020), (Pettersson et al., 2019), (Bohdanowicz et al., 2020), (Ventura et al., 2020), (Lee et al., 2019), (Attallah, 2020), (Wu et al., 2020), (Delamarre et al., 2020)
3	(Alcañiz et al., 2019; Caggianese et al., 2018; Cascini et al., 2020; Costa et al., 2016; Garrido et al., 2021; Guedes et al., 2020; Liang et al., 2021; D. McMahon, 2018; D. D. McMahon & Walker, 2019; Mustafa & Aldein, 2020; Neira-Tovar & Castilla Rodriguez, 2017; Nguyen et al., 2021; Parras-Burgos et al., 2020; Rechowicz et al., 2019; Rodríguez-Cano et al., 2021; Salomoni et al., 2017; Siriporn et al., 2021; Vásquez-Carbonell & Silva-Ortega, 1960; Wienrich & Gramlich, 2020; Zucchi et al., 2020).
4	(Bauer et al., 2021; Dayarathna et al., 2021; Krajčovič et al., 2021; Matthews et al., 2021; Sukotjo et al., 2021; Penny Sweetser & Rogalewicz, 2020; Vi et al., 2019)
5	(Afnan et al., 2021; AlMuraikhi et al., 2021; Gomes et al., 2020; Hamzah et al., 2021; van Wyk & de Villiers, 2019)

Como resultado de esta puntuación se redujo el número a 32 artículos, finalmente, se evaluó su aporte a las preguntas de investigación, obteniendo un total de 25 artículos seleccionados. Los artículos evaluados para responder las preguntas de investigación son los siguientes:

- *Cascini, O'hare, Dekoninck, et al.* "Exploring the use of AR technology for co-creative product and packaging design". (Cascini et al., 2020)
- *Vi, Silva & Maurer.* "User Experience Guidelines for Designing HMD Extended Reality Applications". (Vi et al., 2019)
- *Costa, de Souza, Morerira & De Souza.* "webQDA - Qualitative Data Analysis Software Usability Assessment". (Costa et al., 2016)
- *Bauer, Bouchara & Bourdot.* "eXtended Reality for Autism Interventions: The importance of Mediation and Sensory-Based Approaches". (Bauer et al., 2021)
- *Caggianese, Gallo & Neroni.* "Exploring the feasibility of diegetic user interfaces in immersive virtual exhibitions within the cultural heritage". (Caggianese et al., 2018)
- *Zucchi, Alexander, Keller & Salazar.* "Combining immersion and interaction in XR training with 360-degree video and 3D virtual objects". (Zucchi et al., 2020)
- *Gomes, Figueiredo, Correia, Teichrieb et al.* "Extended by Design: A Toolkit for Creation of XR Experiences". (Gomes et al., 2020)
- *Sukotjo, Schereiber, Li, Zhang et al.* "Development and Student Perception of Virtual Reality for Implant Surgery". (Sukotjo et al., 2021)
- *AlMuraikhi, AlMalki, AlDahnim & Halabi.* "Virtual Reality for Rich Interaction with Cultural Heritage Sites". (Younes et al., 2017)
- *Wyk & Villiers.* "An evaluation framework for virtual reality safety training systems in the South African mining industry". (van Wyk & de Villiers, 2019)
- *Salomoni, Prandi, Rocchetti et al.* "Diegetic user interfaces for virtual environments with HMDs: a user experience study with oculus rift". (Salomoni et al., 2017)
- *Parras-Burgos, Fernández-Pacheco, Barbosa et al.* "An Augmented Reality Tool for Teaching Application in the Agronomy Domain". (Parras-Burgos et al., 2020)
- *Krajčovič, Gabajová, Matys et al.* "3D Interactive Learning Environment as a Tool for Knowledge Transfer and Retention". (Krajčovič et al., 2021)
- *Dayarathna, Karam, Jaradat et al.* "An Assessment of Individuals' Systems Thinking Skills via Immersive Virtual Reality Complex System Scenarios". (Dayarathna et al., 2021)
- *Matthews, See & Day.* "Crisis and extended realities: remote presence in the time of COVID-19". (Matthews et al., 2021)
- *Hamzah, Rizal & Simatupang.* "Development of Augmented Reality Application for Learning Computer Network Device". (Hamzah et al., 2021)
- *Guedes, Marques & Vitório.* "Enhancing Interaction and Accessibility in Museums and Exhibitions with Augmented Reality and Screen Readers". (Guedes et al., 2020)
- *Neira-Tovar & Rodriguez.* "A Virtual Reality Tool Applied to Improve the Effects on Chronic Diseases - Case: Emotional Effects on T2DM". (Neira-Tovar & Castilla Rodriguez, 2017)
- *Nguyen, Kamma, Adari et al.* "Mixed reality system for nondestructive evaluation training". (Nguyen et al., 2021)

- Sweetser & Rogalewicz. "Aforing Enjoyment in VR Games: Possibilities, Pitfalls, and Perfection". (Penny Sweetser & Rogalewicz, 2020)
- Mustafa & Aldein. "Examining Perception of Malaysian autistic children social interaction for Virtual Reality". (Mustafa & Aldein, 2020)
- Afnan, Muhammad, Khan et al. "School of the Future: A Comprehensive Study on the Effectiveness of Augmented Reality as a Tool for Primary School Children's Education". (Afnan et al., 2021).
- Garrido, Jacob & Castro. "Building a Prototype for Easy to Use Collaborative Immersive Analytics" (Garrido et al., 2021)
- Alcañiz, Bigné & Guixeres "Virtual Reality in Marketing: A Framework, Review, and Research Agenda". (Alcañiz et al., 2019).
- Vázquez-Carbonell & Silva-Ortega. "Tendencias y características de la realidad virtual: Una revisión de la literatura entre los años 2017 y 2018". (Vásquez-Carbonell & Silva-Ortega, 1960).
- Liang, Start, Boley et al. "Enhancing stroke assessment simulation experience in clinical training using augmented reality". (Liang et al., 2021).
- Wienrich & Gramlich. "appRaiseVR – An Evaluation Framework for Immersive Experiences". (Wienrich & Gramlich, 2020).
- Chouylum, Wannapiroon & Nilsook. "Creative Design Thinking Learning Model Integrated Immersive Experiential Marketing to Enhance Digital Entrepreneurs". (Siriporn et al., 2021).

3.1.5 Resultados de la revisión sistemática

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en esta revisión sistemática.

¿Cuál fue el flujo para la obtención de los resultados?

En la figura 4 se puede observar el flujo establecido en esta RSL que consistió en tres etapas, primeramente, se obtuvieron 718 artículos de los diferentes motores de búsqueda, seguidamente, se redujo el número a 76 artículos considerando los criterios de inclusión y exclusión, posteriormente, se obtuvieron 32 artículos aplicando las pautas de Humanante-Ramos et al. (Humanante-Ramos et al., 2017), por último, se llegó a 25 artículos analizando su aporte a las preguntas de investigación.



Fig. 4. Flujo de los resultados obtenidos en la revisión sistemática.

¿Como fue la distribución general de los artículos filtrados?

La distribución de los artículos inicialmente filtrados por años (718) se presentan en la figura 5 donde se puede observar un crecimiento ascendente a partir del año 2018, siendo el año 2021 donde se han realizado aproximadamente 13 veces más publicaciones que en el año 2016.



Fig. 5. Tendencia de publicaciones por año.

¿Como fue la distribución de los artículos filtrados por características específicas?

La distribución por categorías específicas muestra que la mayor parte de publicaciones se encuentran en Herramientas de evaluación y Realidad extendida con el 25%, por otro lado, Discapacidad física de interacción y Realidad Extendida (Sin considerar problemas cognitivos) es la segunda categoría con mayor

porcentaje con el 24%. En la figura 6 se pueden observar los porcentajes de las categorías analizadas.

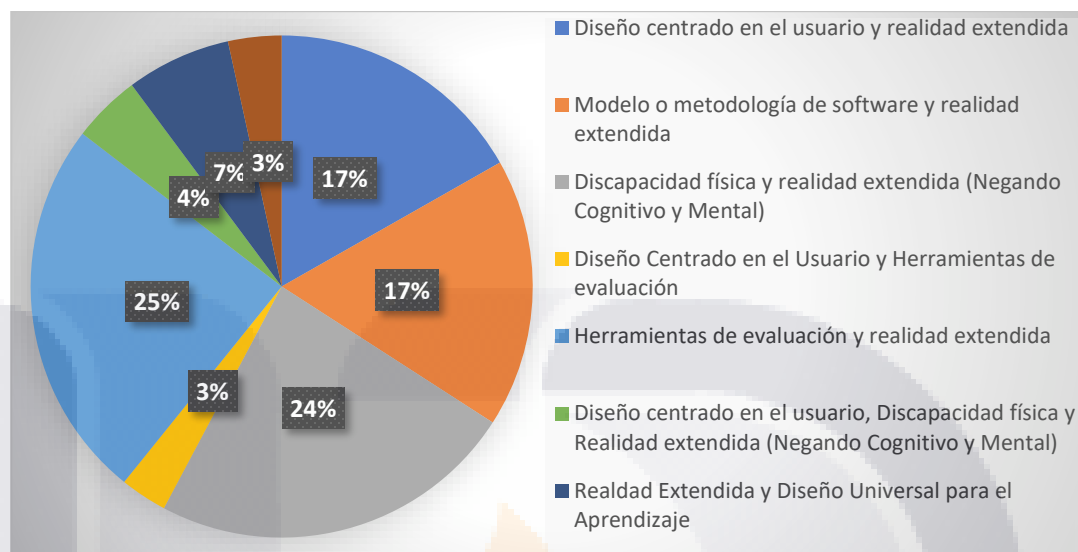


Fig. 6. Porcentaje de publicaciones por categoría.

¿Cuáles fueron los resultados sin considerar temas mentales y cognitivos?

Para la realización de la presenta revisión sistemática se omitieron los términos de “Mental” y “Cognitivo” en las categorías que incluyeran la característica de “Discapacidad física” para acceder solo a aquellos artículos involucrados con discapacidades de interacción. De esta manera se logró reducir de 2233 a 727 artículos para la primera etapa de la revisión sistemática, en la tabla 6 se pueden observar los resultados obtenidos considerando o no lo términos “Mental” y “Cognitivo”.

Tabla 6. Resultados de búsqueda considerando o no considerando los términos "Mental" y "Cognitivo".

Característica	Sin considerar "Mental" y "Cognitivo"	Considerando "Mental" y "Cognitivo"
Diseño centrado en el usuario y realidad extendida	122	122
Modelo o metodología de software y realidad extendida	126	126
Discapacidad física y realidad extendida	172	1370
Diseño Centrado en el Usuario y Herramientas de evaluación	22	22
Herramientas de evaluación y realidad extendida	179	179
Diseño centrado en el usuario, Discapacidad física y Realidad extendida	32	128
Realdad Extendida y Diseño Universal para el Aprendizaje	49	49

Diseño centrado en el usuario, Diseño Universal para el aprendizaje, Discapacidad física	25	237
--	----	-----

Estos resultados demuestran la gran inclinación hacia temas mentales y cognitivos implementando realidad extendida, sin embargo, también demuestran poca consideración hacia el tratamiento de discapacidades físicas de interacción con este tipo de tecnologías.

¿Cómo fue la distribución de los artículos finales para responder a las preguntas de investigación?

Para responder a las preguntas de investigación se llegó a la cantidad de 25 artículos, en la figura 7 se puede observar la distribución de los artículos finales por categoría específica.

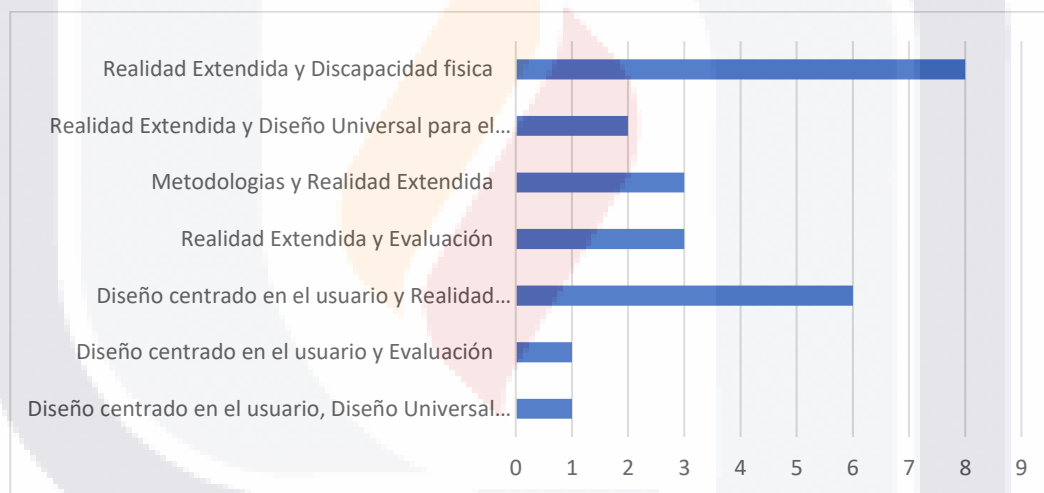


Fig. 7. Publicaciones finales por categorías específicas.

¿Cómo fue la distribución de los artículos finales y como se respondieron las preguntas de investigación?

Los 25 artículos finales se distribuyeron entre las tres preguntas de investigación planteadas inicialmente, incluso se llegó a considerar más un artículo para una o más preguntas de investigación. En la tabla 7 se puede observar la distribución de los artículos por pregunta de investigación.

Tabla 7. Distribución de artículos por preguntas de investigación

Pregunta de investigación	Artículo
1. ¿Cuáles son las principales investigaciones que proponen un modelo o metodología aplicado a Realidad Extendida considerando discapacidades físicas de interacción, Diseño Universal para el Aprendizaje y Diseño Centrado en el Usuario?	(Matthews et al., 2021), (Vi et al., 2019), (Bauer et al., 2021), (Penny Sweetser & Rogalewicz, 2020), (Mustafa & Aldein, 2020), (Caggianese et al., 2018), (Krajčovič et al., 2021), (Zucchi et al., 2020), (Gomes et al., 2020), (van Wyk & de Villiers, 2019).
2. ¿Cuáles son las principales atributos o patrones observados en modelos o metodología aplicado a Realidad Extendida, Discapacidades físicas de interacción, ¿Diseño universal para el Aprendizaje o Diseño Centrado en el Usuario?	(Hamzah et al., 2021), (Afnan et al., 2021), (Krajčovič et al., 2021), (Zucchi et al., 2020), (van Wyk & de Villiers, 2019).
3. ¿Cuáles son los mecanismos o métodos de evaluación encontrados para validar aplicaciones que implementen, Realidad Extendida y el Diseño Centrado en el Usuario y puedan ser utilizadas para la investigación propuesta?	(Hamzah et al., 2021), (Costa et al., 2016), (Dayarathna et al., 2021), (AlMuraikhi et al., 2021), (Guedes et al., 2020), (Neira-Tovar & Castilla Rodríguez, 2017), (Nguyen et al., 2021), (Parras-Burgos et al., 2020), (Sukotjo et al., 2021), (van Wyk & de Villiers, 2019), (Salomoni et al., 2017).

¿Cómo se respondieron las preguntas de investigación?

A continuación, se describen los artículos seleccionados y como se lograron responder las preguntas de investigación definidas durante el proceso de esta revisión sistemática.

¿Cuáles son las principales investigaciones que proponen un modelo o metodología aplicado a Realidad Extendida considerando discapacidades físicas de interacción, Diseño Universal para el Aprendizaje y Diseño Centrado en el Usuario?

No se determinó una investigación que proponga un modelo o metodología aplicado específicamente a la Realidad Extendida, Diseño Universal para el Usuario, Diseño Centrado en el Usuario y Discapacidades físicas de interacción, esto puede ser resultado de la búsqueda específica que se realizó en la presente RSL. sin embargo, se identificaron artículos que siguen una metodología o proceso de desarrollo para sus productos de Realidad Extendida los cuales pueden ayudar en la estructura metodológica para una futura propuesta metodológica (Afnan et al., 2021; Hamzah et al., 2021; Krajčovič et al., 2021; Rechowicz et al., 2019; Rodríguez-Cano et al., 2021; van Wyk & de Villiers, 2019; Zucchi et al., 2020).

¿Cuáles son los principales atributos o patrones observados en modelos o metodología aplicado a Realidad Extendida, Discapacidades físicas de interacción, ¿Diseño universal para el Aprendizaje o Diseño Centrado en el Usuario?

Se identificaron atributos y patrones de diseño inclusivo, realidad extendida, diseño en niños con autismo, videojuegos y videos en 360 los cuales pueden ayudar a la construcción de una futura propuesta metodológica (Caggianese et al., 2018; Gomes et al., 2020; D. McMahon, 2018; D. D. McMahon & Walker, 2019; Penny Sweetser & Rogalewicz, 2020; Vi et al., 2019). Por otro lado, algunos artículos presentan patrones de desarrollo similares (Requerimientos, Diseño, Implementación, Evaluación) para sus productos, asimismo, se encontraron investigaciones que siguen el Diseño Centrado en el Usuario (Bauer et al., 2021; Krajčovič et al., 2021; Rechowicz et al., 2019; van Wyk & de Villiers, 2019; Zucchi et al., 2020).

De igual modo, se encontró que muy pocos trabajos proponen consideraciones específicas en la construcción de aplicaciones de RE en personas con algún tipo de discapacidad física de interacción, sin embargo, se encontraron pautas de diseño inclusivo y para niños con trastorno de espectro autista (Matthews et al., 2021), (Mustafa & Aldein, 2020).

¿Cuáles son los mecanismos o métodos de evaluación encontrados para validar aplicaciones que implementen, realidad extendida y el diseño centrado en el usuario y puedan ser utilizadas para la investigación propuesta?

En la presente RSL no se encontró un mecanismo o método de evaluación para validar metodologías que apliquen Diseño Universal para el Aprendizaje y el Diseño Centrado en el Usuario, sin embargo, es importante detallar que si existen trabajos de investigación relacionados con tesis doctorales en donde se han producido mecanismos de evaluación para la validación de metodologías (Méndez & Garrido, 2006), (Giugni O. & Loaiza B., 2008).

En lugar de esto, se identificaron instrumentos para evaluar características en aplicaciones de Realidad Extendida como satisfacción, estrés, experiencia de

usuario, bienestar, percepción de los usuarios, heurísticas del sistema e interfaces del sistema (AlMuraikhi et al., 2021; Guedes et al., 2020; Neira-Tovar & Castilla Rodriguez, 2017; Nguyen et al., 2021; Parras-Burgos et al., 2020; Salomoni et al., 2017; Sukotjo et al., 2021).

Asimismo, se identificó el instrumentó System Usability Scale (SUS) una propuesta muy conocida de evaluación de usabilidad que es utilizada de forma transversal en aplicaciones computacionales (AlMuraikhi et al., 2021; Costa et al., 2016; Dayarathna et al., 2021; Hamzah et al., 2021).

A continuación, en la figura 8 se representa un resumen del proceso de revisión sistemática aplicado.

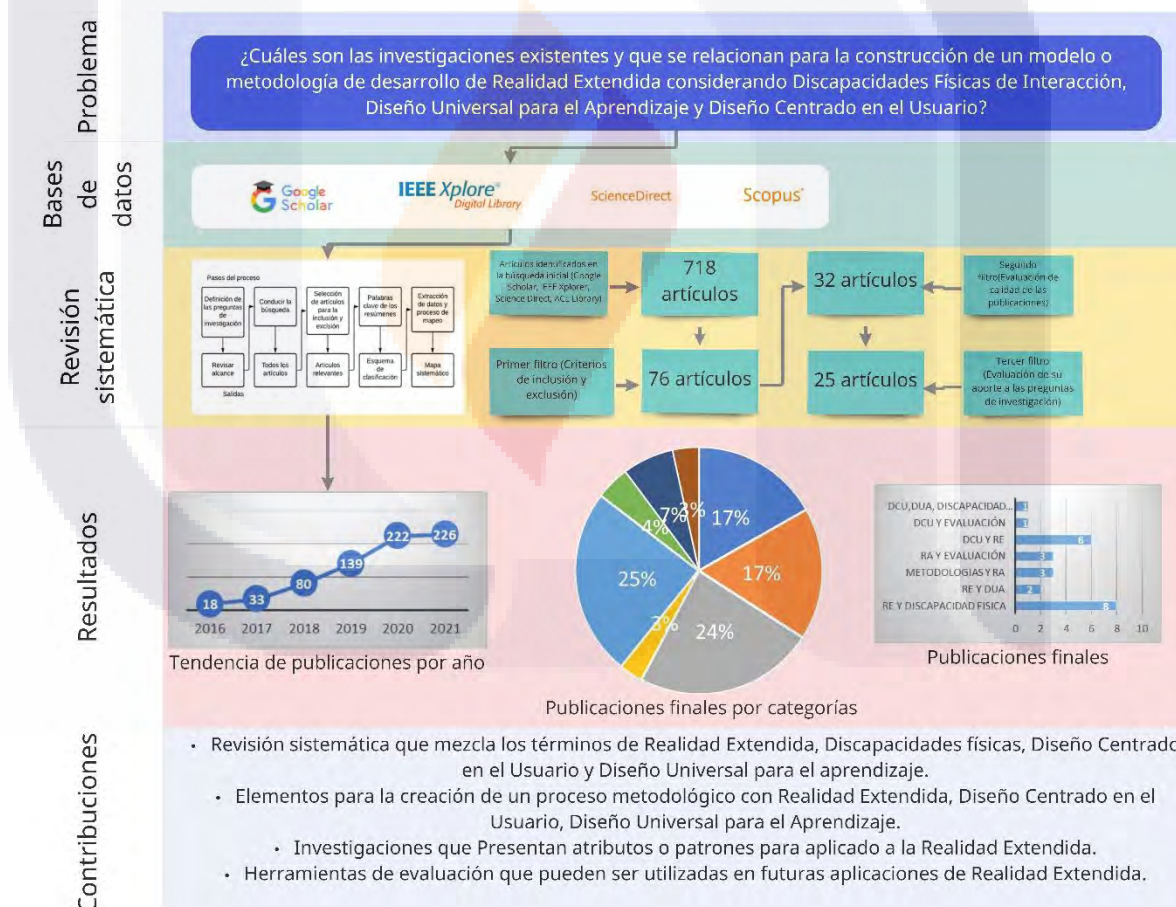


Fig. 8. Proceso general de la Revisión Sistemática realizada.

3.2 Realidad Extendida.

El termino de RE se ha utilizado para englobar a todas aquellas tecnologías que generan algún tipo de inmersión en el usuario como lo son la realidad virtual, aumentada y mixta (RV, RA, RM) tecnologías y propuestas conceptuales de las interfaces espaciales estudiadas por la ingeniería, la informática e interacción humano-computadora (HCI) a lo largo de varias décadas (Çöltekin et al., 2020).

Esta tecnología se utiliza actualmente de forma generalizada en la Interacción HCI ciencias sociales y la experimentación psicológica (Ratcliffe et al., 2021). Por un lado, involucra a los usuarios en una realidad convergente a través de un entorno virtual y físico integrado mediante ordenadores y dispositivos portátiles (Mann et al., 2018).

Por otro lado, con los recientes avances tecnológicos y la facilidad de disponibilidad de hardware de alta gama disponible en el mercado, la industria manufacturera ha visto aumentar el uso de tecnologías avanzadas de RE para formar a su mano de obra (Doolani et al., 2020).

La RE en la educación ofrece un enfoque innovador y prometedor para mejorar la calidad y la efectividad del proceso de aprendizaje al hacerlo más interactivo, atractivo y relevante para las necesidades individuales de los estudiantes. Sin embargo, su implementación efectiva requiere una planificación cuidadosa, acceso a tecnología adecuada y una consideración constante de los principios pedagógicos para garantizar que se aprovechen al máximo sus beneficios educativos.

Con el aumento del uso de la RE se convierte en una herramienta más accesible para todo tipo de personas, por este motivo, se considera una tecnología con un gran futuro la cual todavía se encuentra en pasos de experimentación, por lo antes mencionado, esta tesis ofrece una gran alternativa para el desarrollo de futuros productos de RE.

3.2.1 Realidad virtual

La Realidad Virtual (RV) surgió hace varios años; sin embargo, para las personas con poco conocimientos tecnológicos, sigue siendo algo ficticio y desconocido (Jiménez, 2014). McMahon (2018) lo define como “Un entorno digital totalmente artificial en el que un usuario navega como un avatar para completar tareas o tener experiencias”.

Esta tecnología ha tenido un gran auge, constituida por un sistema informático que genera representaciones de la realidad en tiempo real. Los movimientos del mundo real se proyectan en un mundo virtual, permitiendo al usuario experimentar la sensación de estar dentro del espacio ficticio viviendo múltiples emociones (Sunrise Medical, 2018).

La RV se sigue sustentando en los aspectos expuestos por González (1994) como lo es tener una gran flexibilidad para construir mundos artificiales, utilizar imágenes en 3D, sonido inmersivo en 360 grados, el seguimiento del cuerpo en tiempo real, sistemas multiusuario y retroalimentación táctil, auditiva y visual.

En ciertos casos, la aplicación de la RV se hace necesaria para establecer medios terapéuticos que flexibilizan los espacios de la rehabilitación de las personas (Pinzón & Moreno, 2020). La RV ofrece una experiencia totalmente inmersiva, mientras que la realidad aumentada promueve la interacción entre el usuario, el contenido digital y el mundo real, mostrando así imágenes virtuales sin dejar de ser transparentes (Xiong et al., 2021).

Las personas con discapacidades físicas de interacción se encuentran sometidos a frecuentes actividades de rehabilitación que tiene efectos positivos y protectores en su salud. Por esta razón, se concluye que la realidad virtual es una tecnología que no es moderna pero que está viviendo actualmente su época dorada gracias al sector del ocio. Aun así, surgen aplicaciones para un uso con fin social, humanitario o médico gracias a las facilidades que hay para crear aplicaciones propias.

3.2.1.1 Características de la realidad virtual

La realidad virtual (RV) es una tecnología que crea un entorno de simulación computarizada en el que los usuarios pueden interactuar y explorar mediante la vista y, en algunos casos, otros sentidos como el oído y el tacto. A continuación, se presentan algunas características clave de la realidad virtual:

- **Inmersión:** La realidad virtual busca sumergir al usuario en un entorno virtual que puede ser completamente diferente al mundo real. El objetivo es hacer que el usuario se sienta como si estuviera realmente presente en ese entorno simulado.
- **Interacción:** La RV permite a los usuarios interactuar con el entorno virtual utilizando dispositivos como mandos, guantes, sensores de movimiento y en algunos casos, incluso sus propias manos y cuerpo. Esto fomenta una experiencia más inmersiva y participativa. Al interactuar más con Los entornos virtuales, los usuarios se sienten más atraído a ella. Por ello, es importante que se implementen objetos para que el interactúen y no solo que se desplacen por el entorno virtual, de esta manera se obtienen resultados más positivos (Perez Canepa, 2020).
- **Entorno 3D:** Los entornos virtuales en la realidad virtual son tridimensionales, lo que significa que tienen profundidad y permiten una percepción más realista de la distancia y la ubicación de los objetos en el espacio.
- **Estereoscopia:** Permite a los usuarios ver escenas tridimensionales con percepción de profundidad, lo que debería ser ventajoso para la enseñanza de determinados contenidos de física y otras ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (Porter et al., 2020).
- **Sensores de seguimiento:** Para proporcionar una experiencia convincente, la RV integra gráficos por ordenador en tiempo real, sensores de seguimiento corporal, pantallas audiovisuales/táctiles y dispositivos de entrada sensorial para sumergir al participante en un entorno virtual interactivo generado por ordenador que cambia de forma natural con el movimiento de la cabeza y el cuerpo (Wiederhold & Rizzo, 2005)

- Audio espacial: Junto con la experiencia visual, el sonido es esencial para una inmersión completa. El sonido espacial se utiliza para simular una realidad auditiva que da al usuario la impresión de estar rodeado de un entorno virtual en 3D (Johnston et al., 2019).
- Requisitos técnicos: Para una experiencia fluida y realista, la RV requiere hardware especializado, como auriculares de RV (HMDs - Head-Mounted Displays), que proporcionan las pantallas y sensores necesarios para rastrear el movimiento y la orientación. Además, se necesitan computadoras potentes para generar gráficos 3D en tiempo real.

En general, la realidad virtual busca crear una experiencia inmersiva y multisensorial que transporte a los usuarios a entornos virtuales, lo que puede tener un gran impacto en diversas industrias y en la forma en que interactuamos con la tecnología para las personas con discapacidad puede ser una nueva herramienta para sus terapias o el aprendizaje de nuevos temas educativos gracias a las características antes mencionadas.

3.1.1.2 Realidad virtual en la educación

La realidad virtual existe en el ámbito de la educación desde hace más de medio siglo, sin embargo, su adopción generalizada aún no se ha producido. Esto se debe a un sinnúmero de limitaciones tanto de la propia tecnología como de los costos y la logística necesarios para desplegarla (Kavanagh et al., 2017).

Hasta el lanzamiento de google cardboard en 2014 los artículos relacionados con realidad virtual y educación comenzaron a crecer rápidamente (Roda-Segarra et al., 2022). Actualmente, su uso se ha extendido en la educación y tratamiento de niños con autismo (Bravou et al., 2022)(Tao et al., 2022), tratamientos de memoria en adultos mayores (Rings et al., 2020), así como, terapias psicológicas (Slatman et al., 2023) por mencionar algunas de sus áreas de aplicación.

La realidad virtual en la educación amplía las posibilidades de enseñanza y aprendizaje al crear experiencias educativas envolventes y altamente efectivas. A medida que la tecnología continúa avanzando, es probable que veamos más

aplicaciones innovadoras de la RV en el ámbito educativo, lo que permitirá a los educadores ofrecer experiencias de aprendizaje más ricas y personalizadas. Convirtiendo esto último en un pilar fundamental en la creación de la propuesta metodológica.

3.2.2 Realidad aumentada

El concepto de Realidad Aumentada (RA) aparece por primera vez en 1990, como variación de una tecnología revolucionaria como fue la Realidad Virtual. La RA se ha convertido en un tema popular en la investigación educativa en la última década (Akçayır & Akçayır, 2017; Bacca et al., 2014; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018). Utilizándose para mejorar la percepción del mundo real mediante la integración de objetos virtuales a una secuencia de imágenes adquiridas a partir de diversas tecnología de comunicación (Makhataeva & Varol, 2020).

Kato & Billinghurst (1999), Milgram & Takemura (1994) coinciden en que la definición descrita en la obra de Roland Azuma en 1997 denominada “A survey of augmented reality” trajo los primeros postulados teóricos en la materia: “La Realidad Aumentada es una variación de los entornos virtuales. En la Realidad virtual el usuario se encuentra inmerso en entornos sintéticos, y queda aislado del mundo real que lo rodea. Por el contrario, la Realidad Aumentada permite al usuario ver en todo momento el mundo real al que se superpone objetos virtuales coexistiendo ambos en el mismo espacio” (Azuma, 1997).

La RA es una tecnología en creciente auge en los campos de la comunicación, la educación, medicina, marketing, arquitectura o el entretenimiento, pero sigue estando dirigida a públicos hegemónicos (Martín-Sabarís & Brossy-Scaringi, 2017). Por este motivo, la creación de una metodología que ayude en la generación de software de RA para personas con discapacidad puede ayudar a acercar esta tecnología a estas personas y mejorar sus actividades y conocimientos.

3.2.2.1 Características de la realidad aumentada

La RA es una tecnología que superpone elementos virtuales, como imágenes, videos, gráficos o información, sobre el mundo real, permitiendo a los

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

usuarios experimentar una combinación de lo físico y lo digital. Aquí tienes algunas características clave de la realidad aumentada y los tipos que existen expuestos por Shanmugam et al. (2019):

- Superposición de elementos: La característica más distintiva de la RA es la capacidad de superponer elementos virtuales, como objetos 3D, texto, imágenes o videos, en el entorno real visible a través de dispositivos como smartphones, tablets, auriculares y gafas de RA. Por ejemplo, En medicina, un médico puede utilizar esta RA para superponer una radiografía del hueso roto de la pierna de un paciente y proporcionar un estado claro del daño del hueso en detalle.
- Interacción en tiempo real: Los elementos virtuales en la RA pueden interactuar con el entorno real y con otros elementos virtuales. Los usuarios pueden interactuar con estos elementos a través de gestos, toques y movimientos, lo que fomenta una experiencia activa y participativa.
- RA basado en la localización: aprovecha los dispositivos detectando ubicaciones. El viajero puede descubrir lugares fantásticos y, este método utilizará la ubicación del viajero con la ayuda de GPS, brújula y acelerómetro y dará información relevante sobre lo que están viendo en la pantalla.
- La RA de contorno utiliza el reconocimiento de objetos para trabajar. Por ejemplo, la RA de contorno reconoce los límites de la carretera y los contornos en caso de aparcamiento de coches. Esta RA también se utiliza en ingeniería para delinear edificios pilares y en arquitectura.

La realidad aumentada ha venido a revolucionar la interacción con los elementos virtuales, su adopción ha sido más rápida que la realidad virtual gracias a los dispositivos móviles que ya cuentan con el hardware necesario para correr experiencias de RA innovadoras para todos los usuarios, las características y los tipos antes mencionados la convierten también en una gran tecnología para aplicarse en personas con diferentes tipos de discapacidad.

3.2.2.2 Realidad aumentada en la educación

Han pasado 25 años desde la primera aplicación de RA diseñada exclusivamente para su uso en entornos educativos. Desde entonces, esta tecnología se ha implementado con éxito para enriquecer los contextos educativos proporcionando ganancias de aprendizaje, motivación, disfrute, autonomía, entre otros beneficios (Garzón, 2021).

Los actuales temas de investigación emergentes y de tendencia en RA en la educación son las necesidades educativas especiales, la Industria 4.0, la narración de historias, la impresión 3D, las aplicaciones móviles y la educación superior (Avila-Garzon et al., 2021).

Las experiencias de aprendizaje de los alumnos, como el conocimiento de patrimonios culturales o el aprendizaje de idiomas, pueden mejorarse mediante el uso de objetos virtuales visuales, verbales e interactivos superpuestos en el entorno o la material didáctico (Chang et al., 2022).

Como se menciona anteriormente, el uso de la realidad aumentada no se centra simplemente en temas de ocio, su uso se ha generalizado para la enseñanza de diversos temas educativos y para todo tipo de usuarios con o sin discapacidades. Esto convierte a esta tecnología en una gran herramienta didáctica para mejorar el conocimiento y la educación de todas las personas.

3.2.3 Interfaces tangibles de usuario

Una interfaz de tangible de usuario (TUI, por sus siglas en inglés) puede unir los objetos físicos del mundo real con el mundo digital (Al Mahmud & Soysa, 2020). Se puede definir como aquella en la que se proporciona al usuario una representación física de la información digital, lo que permite al usuario captar literalmente los datos con sus manos (Shaer & Hornecker, 2009).

Lozano et al. (2018) las definen como una interfaz en la que el usuario tiene una representación digital de la información, permitiéndole literalmente coger los datos con las manos. Un aspecto peculiar que diferencia a las TUI de otras

herramientas puramente físicas es que mezclan representaciones físicas y digitales de la información, y la funcionalidad, flexibilidad y dinamicidad que manejan no se puede conseguir con herramientas tradicionales sólo físicas en el mismo grado que con las TUI (Beccaluva et al., 2022).

En la actualidad, las TUI se han vuelto más accesibles y sus campos de aplicación se han diversificado tanto en el ámbito público como en el privado: quioscos en museos de ciencia, piezas de arte interactivas, mesas de colaboración en espacios de trabajo y, más recientemente, en interfaces vestibles (Urrutia et al., 2019).

Además, varias investigaciones han demostrado su utilidad en el trabajo con personas mayores, invidentes y con múltiples tipos de discapacidad (Bong et al., 2018; Carreño-León et al., 2020; Somma et al., 2021). Marshall (2007) expone varias razones por las cuales las ITU puede mejorar el marco de aprendizaje, a continuación se exponen sus ventajas:

- Uso de materiales físicos. Teniendo en cuenta que la percepción y el conocimiento están unidos, la manipulación de objetos físicos hará que sea mucho más fácil asimilar su naturaleza. Por ejemplo, los objetos tridimensionales se pueden entender más fácilmente si se presentan físicamente que en forma digital.
- Posibilidad de involucrar al usuario. Interactuar con TUI es mucho más natural que cualquier otro método de interacción, por lo tanto, puede ser más atractivo y accesible para los niños con discapacidades.
- Muy útil para el aprendizaje colaborativo. Las aplicaciones con una interfaz tangible pueden diseñarse para ser colaborativas, permitiendo que varios usuarios interactúen con el mismo objeto a la vez, en contraste con las aplicaciones de software convencionales en las que un solo usuario interactúa con una sola pantalla.

- Tiene un mayor potencial como método de aprendizaje cuando se trata con ciertos temas. Como por ejemplo cuando se estudia la estructura de las moléculas en química o en biología.

Las TUI son una técnica prometedora cuando se trata de interactuar con la información digital de una manera diferente, hablando específicamente de personas con discapacidades físicas de interacción se podrían generar aplicaciones que conlleven elementos físicos a los que ellos están más habituados según sus capacidades recibiendo retroalimentación a través de este medio, por lo anterior, la propuesta metodológica aquí expuesta también conlleva un pequeño apartado de TUI.

3.2.3.1 Características de una interfaz tangible

Una interfaz tangible proporciona forma física a la información digital, facilitando la manipulación de objetos. Los diseñadores de interfaces tangibles buscan un acercamiento entre lo físico y lo virtual. En este trabajo de tesis se quiere lograr unas interfaces tangibles que sean accesibles a través de: plataformas físicas (paredes, escritorios, ventanas), objetos manipulables (bloques de construcción, modelos, instrumentos) y medio ambiente (luz, sonido, corriente de viento y agua) (Xu et al., 2007). A continuación, se muestran las características que presenta una interfaz tangible de usuario:

- Manipulación física: Los usuarios interactúan con objetos tangibles en lugar de simplemente hacer clic en botones o tocar pantallas. Pueden mover, girar, apilar, separar y realizar otras acciones físicas con los objetos para controlar las acciones en la interfaz.
- Sensación táctil: La interfaz tangible brinda una experiencia táctil real, lo que permite a los usuarios sentir la textura, el peso y las propiedades físicas de los objetos que manipulan. Esto puede aumentar la sensación de inmersión y realismo.
- Realismo y metáforas físicas: Las interfaces tangibles a menudo emplean metáforas y analogías basadas en el mundo físico para representar

conceptos y funciones digitales. Esto facilita la comprensión y la navegación para los usuarios, ya que pueden aplicar su conocimiento del mundo real a la interacción digital.

- **Feedback físico y visual:** Las interfaces tangibles suelen proporcionar feedback en forma de cambios visuales y físicos. Por ejemplo, al girar un objeto tangible, la representación digital en la pantalla puede girar en consecuencia. Esto refuerza la conexión entre las acciones físicas y sus resultados digitales.
- **Interacción colaborativa:** Las interfaces tangibles a menudo fomentan la colaboración y la interacción social, ya que varias personas pueden manipular objetos al mismo tiempo. Esto es especialmente útil en entornos educativos y creativos.
- **Integración de tecnologías:** Estas interfaces a menudo combinan tecnologías como sensores, cámaras, pantallas táctiles y procesamiento de datos para rastrear los movimientos y acciones de los usuarios y traducirlos en interacciones digitales.
- **Experiencia inmersiva:** Al conectar el mundo físico y digital, las interfaces tangibles pueden crear una experiencia más inmersiva y envolvente, lo que puede ser beneficioso en aplicaciones como juegos, educación y diseño.
- **Aprendizaje intuitivo:** La interacción con objetos tangibles suele ser más intuitiva para muchos usuarios, lo que reduce la curva de aprendizaje y facilita la adopción de la tecnología, especialmente para aquellos menos familiarizados con dispositivos tecnológicos convencionales.

3.2.3.2 Interfaces tangibles en la educación

Desde la aparición de las Interfaces de usuario tangibles (TUI), se han creado numerosas aplicaciones con diferentes funcionalidades, pero casi ninguna se ha aplicado en entornos educativos. Algunas ventajas por las cuales TUI puede mejorar el marco de aprendizaje según Marshall (2007) se explican a continuación:

- Uso de materiales físicos. Teniendo en cuenta que la percepción y el conocimiento están unidos, la manipulación de objetos físicos hará que sea mucho más fácil asimilar su naturaleza. Por ejemplo, los objetos tridimensionales se pueden entender más fácilmente si se presentan físicamente que en forma digital.
- Posibilidad de involucrar al usuario. Interactuar con TUI es mucho más natural que cualquier otro método de interacción, por lo tanto, puede ser más atractivo y accesible para los niños con discapacidades.
- Muy útil para el aprendizaje colaborativo. Las aplicaciones con una interfaz tangible pueden diseñarse para ser colaborativas, permitiendo que varios usuarios interactúen con el mismo objeto a la vez, en contraste con las aplicaciones de software convencionales en las que un solo usuario interactúa con una sola pantalla.
- Tiene un mayor potencial como método de aprendizaje cuando se trata con ciertos temas. Como por ejemplo cuando se estudia la estructura de las moléculas en química o en biología. Se ha demostrado que confiar en figuras 3D es más útil que confiar en dibujos o ilustraciones.

Por las razones previamente expuestas, las TUI se presentan como una estrategia promisoría al abordar la educación de cualquier niño. No obstante, su impacto es aún más significativo para los niños con discapacidad visual, ya que aportan ventajas aún más notables. El simple hecho de mejorar su capacidad táctil representa un avance substancial, dado que, como se mencionó previamente, esto desempeña un papel fundamental en su desarrollo integral. Además, mediante la implementación de una aplicación basada en TUI, estos niños pueden familiarizarse con la apariencia y la estructura de objetos de gran tamaño al reconocerlos a través del tacto.

3.3 Discapacidad

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2023), aproximadamente 16% de la población mundial (más de 1,300 millones de

personas) presenta alguna forma de discapacidad. Esta cifra refleja la magnitud de un fenómeno que demanda políticas públicas inclusivas en todos los niveles.

En México, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2023) reportó que 8.8 millones de personas mayores de 5 años viven con discapacidad, lo que equivale al 7.4% de la población en ese rango de edad. La distribución por sexo muestra una predominancia femenina (53.5%, 4.7 millones) frente a la masculina (46.5%, 4.1 millones).

Los estados con mayor prevalencia son:

- Zacatecas (11.2%),
- Tabasco (10.1%),
- Durango (9.9%).

En contraste, las entidades con menores porcentajes incluyen Coahuila (5.2%) y Chiapas (5.9%) (INEGI, 2024).

Las limitaciones más frecuentes son:

- Visual (45.8%), incluso con corrección óptica.
- Motriz (40.3%), relacionada con movilidad.

Las mujeres presentan mayores dificultades en ambas áreas (48.5% visual vs. 42.7% en hombres; 43.3% motriz vs. 36.7%) (ENADID, 2023). Entre las causas destacan enfermedades (43.9%) y envejecimiento (27.2%), evidenciando la necesidad de enfoques preventivos y de atención geriátrica.

Según Soriano (2021), Aguascalientes alberga 71,294 personas con discapacidad (5% de su población). No obstante, datos recientes de la ENADID (INEGI, 2023) indican un aumento a 86,639 casos (5.8%), superando ligeramente la media nacional (DESDElared, 2024).. Esta tendencia ascendente sugiere la urgencia de actualizar estrategias locales de inclusión.

El número de personas con discapacidad ha incrementado significativamente en los últimos años, fenómeno asociado al envejecimiento poblacional y al aumento

de enfermedades crónicas a nivel global. Ante este escenario, resulta fundamental desarrollar estrategias innovadoras que promuevan su inclusión y mejoren su calidad de vida. En este contexto, la educación emerge como un eje clave, y herramientas tecnológicas como la realidad extendida (RE) ofrecen oportunidades únicas para crear experiencias adaptadas a sus necesidades.

Si bien esta investigación se centró en dos grupos específicos —personas con ceguera y trastorno del espectro autista (TEA)— debido a las limitaciones en el acceso a una muestra más diversa, los hallazgos obtenidos sientan las bases para el diseño futuro de experiencias inclusivas en RE. De este modo, el estudio contribuye al desarrollo de soluciones escalables que podrían beneficiar a una población más amplia con distintas discapacidades.

3.3.1 Ceguera

La ceguera se define como la pérdida total o parcial del sentido de la vista, una condición generalmente permanente que no afecta las capacidades intelectuales de quienes la experimentan (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], 2007). De hecho, las personas con discapacidad visual pueden alcanzar un desarrollo pleno en ámbitos educativos y laborales, siempre que cuenten con las herramientas y adaptaciones necesarias.

No obstante, aunque la ceguera no compromete el rendimiento cognitivo, sí genera desafíos significativos en la vida cotidiana, limitando el acceso a entornos no adaptados y dificultando la interacción social (World Health Organization [WHO], 2021). Esta condición, considerada una de las discapacidades visuales más complejas, exige estrategias de inclusión integral para garantizar la participación equitativa en la sociedad. Lamentablemente, persisten estigmas que subestiman las capacidades de las personas ciegas, asociándolas erróneamente con la dependencia o la incapacidad (Shakespeare, 2018).

Frente a esto, la evidencia demuestra que una rehabilitación de calidad —junto con intervenciones tempranas— permite a las personas con discapacidad visual desarrollar autonomía, alcanzar sus metas y contribuir activamente en sus

comunidades (WHO, 2021). En este sentido, la estimulación adecuada durante el proceso de aprendizaje es clave para fomentar su independencia y reducir barreras sociales (Cattaneo et al., 2020).

3.3.2 Autismo

El trastorno del espectro autista (TEA) se caracteriza por dificultades en la interacción social, la comunicación y la presencia de comportamientos repetitivos o restrictivos, cuyas manifestaciones varían significativamente entre los individuos a lo largo de su vida (Lord et al., 2018). El diagnóstico suele realizarse entre los 18 y 24 meses de edad, período en el que los síntomas distintivos pueden diferenciarse claramente del desarrollo neurotípico y de otras condiciones del desarrollo (Lord et al., 2018; Zeidan et al., 2022)

A nivel global, el TEA representa un desafío creciente en salud pública. En Estados Unidos, afecta a más de 5 millones de personas, con una prevalencia estimada del 1.7% en la población infantil (Baio et al., 2018). En México, aunque los datos epidemiológicos son limitados, se estima que 6,200 personas nacen con TEA cada año, y según el Spectrum Therapy Center México, 1 de cada 115-120 individuos presenta algún grado del trastorno (CNDIPD, 2019).

El incremento en los diagnósticos, sumado a la necesidad de apoyos continuos en ámbitos como educación, salud y servicios comunitarios —en función de la severidad del trastorno—, convierte al TEA en un problema social prioritario. Esto genera costos significativos no solo para las personas diagnosticadas y sus familias, sino también para los sistemas públicos y privados, así como para programas estatales de asistencia (Rogge & Janssen, 2019).

En el ámbito educativo, la escuela cumple funciones críticas para las personas con TEA, desde la adquisición de conocimientos académicos hasta el desarrollo de habilidades comunicativas y sociales (Stenhoff et al., 2020). La mejora en estas competencias se asocia directamente con mayores oportunidades laborales y una mejor calidad de vida en la edad adulta.

Dada esta necesidad, investigaciones recientes han explorado intervenciones tecnológicas para potenciar dichas habilidades. Entre ellas, destaca el uso de entornos inmersivos mediante realidad virtual (RV), los cuales permiten recrear situaciones realistas en un contexto controlado. Según Mosher & Carreon (2021)., la RV ofrece un enfoque pedagógico innovador que podría optimizar el entrenamiento en habilidades sociales para esta población, gracias a su capacidad de simulación interactiva y adaptativa.

3.3.3 Discapacidad y Realidad Extendida

La transferencia de conocimientos es una característica importante en los entornos educativos y en el aprendizaje. Representa una base para nuestra sociedad. En la era de los dispositivos digitales, existen muchas oportunidades para permitir un mejor aprendizaje con la tecnología (Sala, 2021).

La educación es un importante motor del desarrollo social sostenible. Tecnologías emergentes como la realidad extendida (RE), que incluye la realidad aumentada (RA), la realidad virtual (RV) y la realidad mixta (RM), han sido ampliamente utilizadas. Recientemente han surgido numerosos estudios teóricos y empíricos sobre el uso de la RE en el ámbito de la educación para el desarrollo sostenible (Guo et al., 2021).

El uso de RE está surgiendo en varios campos de la práctica y la investigación sanitarias, incluidas las intervenciones de rehabilitación, sobre todo en fisioterapia y psicología (Bryant et al., 2020). En los últimos años, estas tecnologías han despertado un creciente interés, y varios experimentos se han enfocado en el ámbito de la discapacidad para abordar problemas complejos y ofrecer soluciones viables a la falta de ciertas capacidades.

Por ejemplo, colocando a los sujetos en situaciones difíciles de recrear en la realidad y exponiéndolos a estímulos específicos con fines terapéuticos, ajustando digitalmente los sentidos y percepciones de los pacientes, y permitiendo a las personas con discapacidades físicas interactuar con la tecnología y explorar entornos que, en la vida real, serían difíciles de visitar (De Luca et al., 2023).

3.4 La discapacidad desde el mundo educativo

A pesar de los avances globales en inclusión educativa, los niños y jóvenes con discapacidad continúan enfrentando barreras sistémicas que limitan su acceso a una educación de calidad y reducen sus oportunidades de alcanzar niveles superiores de formación (UNESCO, 2020). México refleja esta tendencia: según el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2024) en 2023, 46 de cada 100 personas de 5 a 29 años con discapacidad asistían a la escuela; mientras para la población sin discapacidad representó 60 de cada 100 personas. Según sexo, en la población sin discapacidad, 59.7 % de los hombres y 61.0 % de las mujeres asistían a la escuela y en la población con discapacidad lo hizo 46.7 % de las mujeres y 45.9 % de los hombres. De las personas de 15 años y más con discapacidad, 14.9 % no tenían escolaridad, cifra mayor en comparación con 3.2 % de las personas sin discapacidad y que no contaban con escolaridad. El nivel educativo que predominó en mujeres (20.3 %) y hombres (20.1 %) con discapacidad fue la primaria incompleta.

La educación básica constituye un pilar fundamental para el desarrollo individual y colectivo. Su ausencia no solo limita las oportunidades laborales en la vida adulta, sino que perpetúa ciclos de pobreza, especialmente en poblaciones con discapacidad (World Bank, 2019). Esta brecha se agrava por un sistema educativo que históricamente ha priorizado áreas como lenguaje y matemáticas, relegando las ciencias naturales a un plano secundario. Como señala Flores-Camacho (2012), en México, las ciencias se perciben como un complemento "no esencial" en la educación básica, lo que se traduce en una menor inversión de tiempo y recursos pedagógicos.

Si la educación científica ya enfrenta desafíos estructurales en México, su accesibilidad para estudiantes con discapacidad visual es aún más crítica. La enseñanza de las ciencias experimentales depende en gran medida de recursos visuales —gráficos, diagramas, demostraciones— que excluyen a alumnos ciegos o con baja visión (Sahin & Yorek, 2009). Esta falta de adaptaciones no solo limita su participación en el ámbito STEM (ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas),

sino que refuerza su marginación en un mercado laboral cada vez más demandante de competencias técnicas y científicas.

3.5 Ingeniería de software

El presente estudio tiene como objetivo principal proponer una metodología de desarrollo de software para la creación de experiencias de Realidad Extendida (RE) accesibles a personas con discapacidades físicas de interacción, bajo un enfoque de Diseño Centrado en el Usuario (DCU) (Trujillo Suárez et al., 2016). Para lograrlo, se analizarán los principios de la ingeniería de software, con el fin de garantizar que las soluciones desarrolladas sean:

- Funcionales (que cumplan su propósito de accesibilidad).
- Escalables (que puedan adaptarse a diferentes necesidades y contextos).
- Centradas en el usuario (que respondan a las necesidades reales de las personas con discapacidad).

La Ingeniería de Software (IS) es una disciplina clave en el desarrollo de soluciones tecnológicas. Según Pressman (2005), se define como:

"La aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable al desarrollo, operación y mantenimiento de software, con el objetivo de crear sistemas eficientes, económicamente viables y que satisfagan las necesidades de los usuarios y organizaciones."

La IS abarca múltiples áreas de la informática y las ciencias de la computación, incluyendo:

- Desarrollo de compiladores y sistemas operativos.
- Creación de sistemas basados en web (Intranet/Internet).
- Gestión del ciclo de vida del software (desde el análisis de requisitos hasta el mantenimiento).

Además, su aplicación se extiende a diversos sectores, como:

- Negocios y banca (sistemas de gestión empresarial).

- Investigación científica (simulaciones y procesamiento de datos).
- Medicina y salud (aplicaciones para diagnóstico y rehabilitación).

En el contexto de esta investigación, la IS es fundamental porque:

- Permite estructurar metodologías que aseguren la calidad y usabilidad del software.
- Facilita la integración de estándares de accesibilidad (como WCAG o ISO 9241-171).
- Garantiza que las soluciones sean sostenibles y puedan evolucionar con las necesidades de los usuarios.

Esta ingeniería abarca diversas áreas de la informática y las Ciencias de la Computación, como la construcción de compiladores, Sistemas Operativos y desarrollos Intranet/Internet. Cubre todas las fases del ciclo de vida del desarrollo de cualquier tipo de Sistema de Información y es aplicable a numerosas áreas, incluyendo negocios, investigación científica, medicina, producción, logística y banca. A lo largo del tiempo, se han dado varias definiciones:

- “Ingeniería de Software es el estudio de los principios y metodologías para el desarrollo y mantenimiento de sistemas de software” (Zelkovitz, 1978).
- “Ingeniería de software es la aplicación práctica del conocimiento científico al diseño y construcción de programas de computadora y a la documentación asociada requerida para desarrollar, operar y mantenerlos. Se conoce también como Desarrollo de Software o Producción de Software” (Bohem, 1976).
- “Ingeniería de Software trata del establecimiento de los principios y métodos de la ingeniería a fin de obtener software de modo rentable, que sea fiable y trabaje en máquinas reales” (Bauer, 1972).

- “Es la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable al desarrollo, operación y mantenimiento del software; es decir, la aplicación de la ingeniería al software” (IEEE, 1993).

En resumen, se puede afirmar que los investigadores mencionados anteriormente abordan el objetivo central de la ingeniería de software desde diversas perspectivas, que consiste en la formulación y aplicación de principios y enfoques que guíen hacia un proceso efectivo de desarrollo de software en todas sus fases, desde la concepción inicial hasta la puesta en marcha y el mantenimiento continuo. Estos procesos, se pueden visualizar en distintas metodologías de software que son aplicadas para distintos proyectos, tecnologías y tipos de usuario.

3.5.1 Que es una metodología y para que se utiliza

En términos sencillos, una metodología son los métodos o procesos que se utilizan en la investigación para responder a sus preguntas o cumplir sus hipótesis (Cawthray, T., Sahay, 2021). Aunque hace tiempo que se reconoce la importancia de la orientación de los procesos de software (Parnas & Clements, 1985), todavía no existe una fuente autorizada para definir una metodología.

En consecuencia, las definiciones de "metodología" han sido incoherentes en los estudios sobre el uso de la metodología de sistemas y, por lo tanto, ha habido un fallo a la hora de definir lo que un autor está estudiando realmente (Venkatesh & Davis, 2000).

Sin embargo, algunos ejemplos de definiciones de metodología de sistemas o de software que se han utilizado en la literatura incluyen

"Una colección de procedimientos, técnicas, herramientas y ayudas de documentación que ayudarán a los desarrolladores de sistemas en sus esfuerzos por implementar un nuevo sistema de información" (Avison & Fitzgerald, 2006).

"Una estrategia global para el desarrollo de sistemas de información basados en ordenador que incluye un marco flexible de la secuencia de tareas de desarrollo junto con las técnicas utilizadas para llevar a cabo cada una de ellas junto con las técnicas utilizadas para llevar a cabo cada tarea" (Roberts et al., 1998).

"Procesos formalizados para desarrollar sistemas que estandarizan los pasos del proceso de desarrollo" (Hardgrave et al., 2003).

Una metodología constituye un sistema estructurado de procedimientos, técnicas y criterios racionales empleados para alcanzar un objetivo específico dentro de un campo de conocimiento (Creswell, 2003). Se distingue por su carácter sistemático, ya que no solo organiza el proceso de investigación o desarrollo, sino que también establece un vínculo fundamental entre el marco teórico y la práctica aplicada (Hernandez Sampieri et al., 2013).

3.6 Diseño Centrado en el usuario

Un aspecto importante en este trabajo de tesis es establecer características para el desarrollo de tecnologías de Realidad Extendida considerando al usuario final en cada una de las etapas de desarrollo para conocer sus limitaciones físicas y así producir software que aproveche los principales medios de interacción que el usuario presenta y que este hecho a su medida.

Una metodología de diseño definida por la ISO 13407 que toma en cuenta al usuario como uno más del proceso de desarrollo se conoce como Diseño Centrado en el Usuario (UCD, por sus siglas en inglés) (ISO, 1994). El UCD puede definirse como "una metodología y filosofía de diseño en la que se tienen en cuenta las necesidades, los objetivos y el éxito del usuario final. Este enfoque puede aplicarse a cualquier tipo de sistema, objeto o producto destinado al uso humano, pero el término se utiliza con mayor frecuencia en relación con el diseño de sistemas informáticos" (Lanter & Essinger, 2017).

Otra definición donde mencionan su utilidad en el campo medico es la que realiza Dopp et al. (2019) donde la define como "Una disciplina que busca basar el diseño de una innovación en la información sobre las personas que en última instancia utilizarán esa innovación, que tiene un gran potencial para mejorar la traducción de las prácticas basadas en la evidencia de la investigación en medicina del comportamiento para su aplicación en los entornos de atención sanitaria".

El UCD comúnmente consiste en 5 etapas, las cuales son, Planificar el proceso centrado en el usuario, Comprender y especificar el contexto, Especificar

los requisitos del usuario y de la organización, Producir soluciones de diseño, Evaluar los diseños en función de los requisitos y finalmente preguntarse si reúne los requerimientos (Ver figura 9).

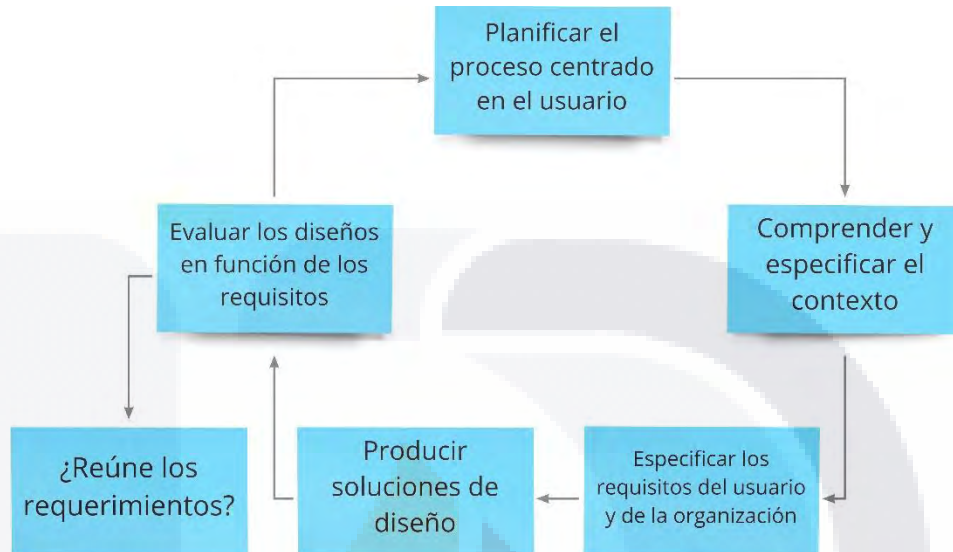


Fig. 9. Ciclo del Diseño Centrado en el Usuario, creación propia.

A continuación, se especifica cada una de estas etapas considerando las definiciones de (Afrianto & Guntara, 2019):

- Planificar el proceso centrado en el usuario: En esta fase se realizan entrevistas con los posibles usuarios, para averiguar lo que quieren los usuarios.
- Comprender y especificar el contexto: Con base en la entrevista con los usuarios, se debe especificar el para que será diseñada la aplicación, delimitando las características de esta.
- Especificar los requisitos del usuario y de la organización: Una vez delimitado el contexto de la aplicación se deben definir los requisitos especiales que tiene el usuario y organización para asegurar una mejor adaptación a la aplicación diseñada.
- Producir soluciones de diseño: Se deben realizar diseños que den solución al problema a resolver, considerando en contexto y los requisitos de los usuarios.

- Evaluar los diseños en función de los requisitos: En esta fase de evalúan los diseños considerando al usuario, asegurando así una mayor aceptación a los requisitos que el necesita.

El Diseño Centrado en el Usuario (DCU) desempeña un papel crucial en la creación de una metodología de desarrollo de software destinada a personas con discapacidades físicas de interacción que emplean realidad extendida y el diseño universal para el aprendizaje (DUA).

El enfoque del DCU pone a los usuarios en el centro del proceso de diseño, asegurando que las soluciones tecnológicas se adapten a sus necesidades, capacidades y preferencias. En este contexto, se vuelve especialmente relevante al tratar con individuos con discapacidades físicas, ya que sus requerimientos pueden variar significativamente y deben ser abordados de manera precisa y efectiva.

3.7 Análisis de metodologías de Desarrollo

Para la construcción de la metodología de este trabajo de investigación se analizaron las siguientes metodologías centradas en el usuario, con el objetivo de identificar características que podrían ser aplicables a la propuesta aquí expuesta.

3.7.1 Design thinking

Design Thinking es un proceso iterativo en el que tratamos de comprender al usuario, cuestionar las suposiciones y redefinir los problemas en un intento de identificar estrategias y soluciones alternativas que podrían no ser evidentes al instante con nuestro nivel inicial de comprensión (Dam & Teo, 2018).

Combelles, Ebert y Lucena (2020) lo definen como un método de innovación y resolución de problemas. Basándose en el uso iterativo de métodos de diseño creativo, como el replanteamiento de problemas y la creación temprana de prototipos, implicando las diferentes partes interesadas.

Arias Flores et al. (2019) lo considera como un proceso analítico y creativo que involucra a una persona en oportunidades de generación de ideas innovadoras y toma la perspectiva de los usuarios finales como foco para la experimentación, modelado y prototipado, recopilación de feedback y rediseño y rediseño.

En esta metodología se sitúa a las personas en el centro del desarrollo del producto, no sólo al consumidor final, sino a todos los implicados en la idea (el trabajo en equipos multidisciplinares es habitual en este concepto) (Toledo et al., 2017). Su estructura se compone por las etapas de Empatizar, Definir, Idear, Prototipar, Evaluar (Ver Figura 10).

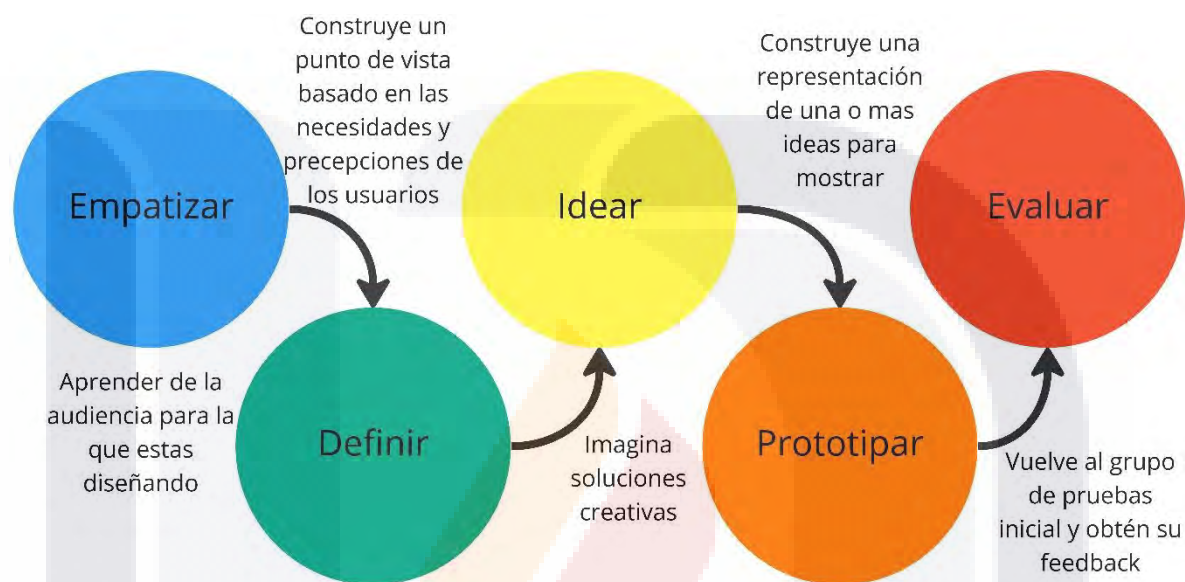


Fig. 10. Fases de design thinking Institute of Design at Stanford. Fuente: Elaboración propia basada en (Arias Flores et al., 2019).

3.7.2 Meconesis

La metodología MECONESIS (Metodología para la Concepción de Juegos Serios para Niños con Discapacidad Auditiva), desarrollada por Cano Mazuera (2016), constituye un marco integral para el diseño de experiencias lúdico-educativas accesibles. Este enfoque metodológico se estructura en cuatro fases principales: análisis, preproducción, producción y postproducción. Cada fase incorpora procesos sistemáticos que garantizan el desarrollo de productos tecnológicos educativos que responden a las necesidades específicas de niños con discapacidad auditiva.

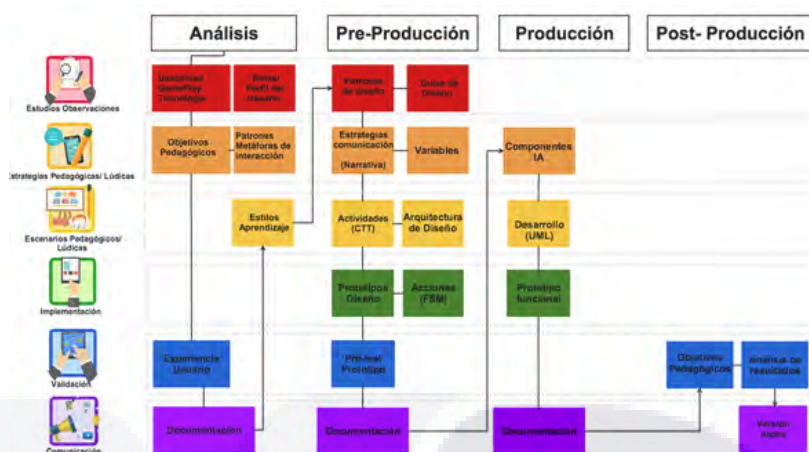


Fig. 11. Proceso de la metodología MECONESIS.

La metodología se fundamenta en el Proceso Unificado de Desarrollo de Software, adaptando sus principios a los requerimientos particulares del desarrollo de juegos serios. Para lograr esto, incorpora notaciones estandarizadas como CTT (Concurrent Task Trees) para modelar interacciones, UML para el diseño arquitectónico, IMS-LD para describir escenarios educativos y BPMN para definir procesos. Esta combinación de herramientas permite una aproximación rigurosa y sistemática al desarrollo de software educativo.

Un aspecto innovador de MECONESIS es su sistema de siete modelos interrelacionados que abarcan todas las dimensiones del desarrollo. El modelo de análisis implementa un enfoque centrado en la experiencia del usuario, incorporando estudios observacionales, análisis de estrategias pedagógicas y diseño de escenarios gamificados. Los modelos de usuario y adaptación trabajan conjuntamente para caracterizar los perfiles de los estudiantes y adaptar dinámicamente los elementos del juego según sus procesos cognitivos y niveles de competencia.

La metodología incluye un robusto modelo pedagógico-lúdico que permite a los educadores definir competencias, alinear el juego con objetivos curriculares y evaluar logros de aprendizaje. Complementariamente, los modelos de implementación (tareas, escenarios y validación) aseguran la calidad técnica y

pedagógica del producto final. El modelo de validación es particularmente relevante, ya que incorpora pruebas de usabilidad, evaluación de accesibilidad y verificación del cumplimiento de objetivos educativos.

MECONESIS representa un avance significativo en el campo de los juegos serios accesibles, superando las limitaciones de enfoques tradicionales mediante su integración multidimensional de aspectos técnicos, educativos y de accesibilidad. Su flexibilidad adaptativa, enfoque centrado en el usuario y procesos de validación rigurosos la convierten en una herramienta valiosa para el desarrollo de soluciones educativas inclusivas. La metodología no solo garantiza la calidad del producto final, sino que además establece un puente efectivo entre las necesidades pedagógicas y las posibilidades tecnológicas.

3.7.3 Metodología para la evaluación de la experiencia del usuario de sistemas de software interactivos para usuarios ciegos

La metodología para la evaluación de la experiencia del usuario (UX) en sistemas de software interactivos diseñados para usuarios ciegos propuesta por Álvarez et al. (2019) es esencial para garantizar que los sistemas computacionales sean accesibles, eficaces y satisfactorios para este grupo de usuarios.

Esta metodología se fundamenta en una serie de pasos y técnicas específicas que permiten recopilar datos sobre cómo interactúan los usuarios ciegos con el software y utilizar esa información para identificar áreas de mejora. A continuación, se presenta una descripción general de los componentes clave de esta metodología:

Definición de Objetivos y Criterios de Evaluación: Antes de iniciar la evaluación, es crucial establecer claramente los objetivos que se desean alcanzar. Esto puede incluir la identificación de problemas de accesibilidad, la mejora de la eficiencia en la interacción o la medición de la satisfacción del usuario. Se deben definir criterios de evaluación específicos que permitan medir el rendimiento del software en relación con los objetivos establecidos.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Selección de Participantes: Para realizar la evaluación, es necesario reclutar usuarios ciegos o con discapacidad visual para que interactúen con el software. Estos participantes deben representar adecuadamente al público objetivo del sistema.

Preparación de Escenarios de Uso: Se crean escenarios de uso realistas que reflejen las tareas y actividades que los usuarios ciegos realizarán en el software. Los escenarios deben abarcar una variedad de funciones y características del software para evaluar exhaustivamente su accesibilidad y usabilidad.

Recopilación de Datos: Durante la evaluación, se observa y registra la interacción de los usuarios ciegos con el software. Esto puede hacerse en un entorno de laboratorio o en un entorno natural donde los usuarios utilicen el software en sus propios dispositivos y contextos. Se registran las acciones de los usuarios, los problemas que encuentran, las emociones expresadas y cualquier comentario verbal o retroalimentación proporcionada.

Utilización de Tecnología de Asistencia: Es fundamental permitir que los usuarios ciegos utilicen tecnologías de asistencia como lectores de pantalla o teclados braille, ya que estas herramientas son esenciales para su interacción con el software.

Generación de Recomendaciones: Basándose en los hallazgos del análisis de datos, se generan recomendaciones específicas para mejorar la accesibilidad y la usabilidad del software. Estas recomendaciones pueden incluir cambios en el diseño de la interfaz, mejoras en la retroalimentación auditiva proporcionada por el software y la corrección de problemas de navegación.

Iteración y Evaluación Continua: Es importante reconocer que la evaluación de la experiencia del usuario no es un proceso único, sino que debe ser continuo a lo largo del ciclo de vida del software. Se realizan iteraciones del proceso de evaluación y mejora a medida que se desarrollan nuevas versiones del software o se introducen cambios significativos.

Documentación y Comunicación de Resultados: Los resultados de la evaluación, las recomendaciones y las acciones tomadas deben documentarse adecuadamente. Los hallazgos y las mejoras realizadas deben comunicarse al equipo de desarrollo y a las partes interesadas relevantes.

Esta metodología asegura que los sistemas de software interactivos para usuarios ciegos sean diseñados y mejorados de manera efectiva, garantizando una experiencia del usuario positiva y cumpliendo con los estándares de accesibilidad. Además, la experiencia adquirida con personas ciegas puede contribuir a la creación de una metodología para personas con discapacidades físicas de interacción, gracias a los avances en métodos de evaluación que presenta esta propuesta.

3.7.4 Mplu+a

La metodología MPlu+a, propuesto por i Saltiveri (2004), se concentra en el desarrollo de sistemas interactivos que tienen como principal enfoque al usuario. El modelo propuesto comprende varias fases, como se observa en la Figura 12. Inicia con el análisis de los requisitos, continúa con la fase de diseño, se prosigue con la implementación y el lanzamiento, luego se lleva a cabo la creación de prototipos, y culmina con la etapa de evaluación, entre las fases es posible ir intercalando por lo que no es una metodología central, además, el usuario es parte fundamental representándose sobre las fases.

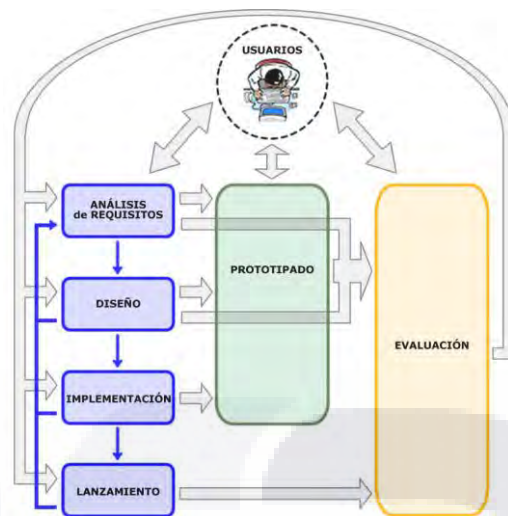


Fig. 12. Metodología MPlu+a. Fuente: (i Saltiveri, 2004).

Uno de los aspectos esenciales de esta propuesta es la combinación de la ingeniería de software con los principios de usabilidad y accesibilidad, resultando en una metodología que orienta a los equipos de desarrollo en la implementación de sistemas interactivos específicos. Esta metodología utiliza una codificación de colores para representar diferentes aspectos: el azul para la ingeniería de software, el verde para el prototipado y su conexión con la fase de evaluación futura, y el amarillo para la evaluación, incluyendo varios métodos de evaluación.

El enfoque de esta metodología pone un gran énfasis en el usuario final, alineándose con la filosofía del diseño centrado en el usuario. Esto requiere la colaboración de diversas disciplinas durante el desarrollo de sistemas interactivos y la participación de cada disciplina en el proceso de desarrollo de software. A continuación, se resumen las distintas fases:

Análisis de Requisitos: La comunicación con los usuarios es prioritaria en las empresas de desarrollo de software, ya que las necesidades y experiencias de los usuarios pueden cambiar con el tiempo. En esta fase se consideran elementos como el análisis etnográfico, las partes interesadas (stakeholders), la clasificación de usuarios, los objetivos, la plataforma y una reflexión sobre la información recopilada.

Diseño: Incluye dos funciones principales: el diseño de la actividad y el diseño de la información, que conforman el proceso general de diseño de la interacción.

Implementación: También conocida como la fase de codificación, en esta etapa se escribe el código necesario para que el sistema cumpla con las especificaciones establecidas en la fase de análisis de requisitos y se ajuste al diseño del sistema. Además, se aborda la accesibilidad, un factor esencial en la codificación y validación de sitios web según los estándares de la W3C.

Lanzamiento: En esta etapa se verifica la aceptabilidad del sistema, combinando la aceptación social y práctica. La retroalimentación del usuario a través de pruebas es crucial en este punto.

Prototipado: Esta fase está presente desde el inicio del proceso metodológico, ya que es necesario probar partes del sistema con diversos objetivos: verificar funcionalidades, evaluar aspectos de la interfaz, validar la navegación, experimentar con nuevas técnicas, entre otros.

Evaluación: Desde el comienzo, esta fase consiste en probar algo para determinar si funciona adecuadamente, si cumple las expectativas o simplemente para entender cómo opera una herramienta en particular. La evaluación es fundamental para lograr sistemas interactivos usables y accesibles. En esta etapa se aplican técnicas para obtener la retroalimentación de los usuarios y se utilizan métricas de usabilidad y métodos de evaluación.

3.7.5 Limitaciones de las metodologías revisadas

Sintetizando las propuestas metodológicas analizadas se puede definir que el Design Thinking es una metodología centrada en el usuario que busca resolver problemas complejos mediante un enfoque colaborativo y creativo. Se caracteriza por su enfoque iterativo y su énfasis en la empatía, la definición, la ideación, la prototipación y la prueba. A lo largo de las fases, se trabaja en estrecha colaboración con los usuarios finales para entender sus necesidades y desafíos. El Design Thinking es particularmente efectivo para explorar soluciones innovadoras y adaptarlas continuamente a medida que se obtiene una mayor comprensión del

problema, sin embargo, puede carecer de estructura para equipos menos experimentados.

Meconesis es una metodología que combina principios de desarrollo de software con enfoques pedagógicos para la creación de software educativo. Se centra en la adaptación de la tecnología a las necesidades educativas y culturales locales, lo que lo hace especialmente valioso en contextos educativos específicos. Meconesis destaca la importancia de la colaboración entre expertos técnicos y educadores para diseñar soluciones que se alineen con los objetivos educativos, sin embargo, su aplicabilidad puede ser más limitada fuera del ámbito educativo.

MPLU+A es una metodología que busca promover la accesibilidad y la usabilidad en el diseño de software, especialmente en contextos de educación y discapacidad. Se basa en la participación de usuarios finales y expertos en el diseño, con un enfoque específico en la adaptación a usuarios con discapacidades. MPLU+A ofrece un marco estructurado para el desarrollo de software inclusivo, involucrando a los usuarios desde el principio y abordando sus necesidades específicas. Su enfoque en la accesibilidad es una ventaja clara, pero puede requerir un conocimiento profundo de las discapacidades y sus requerimientos.

La Metodología para la Evaluación de la Experiencia del Usuario de Sistemas de Software Interactivos para Usuarios Ciegos se centra en la evaluación de la experiencia del usuario ciego en sistemas de software interactivos. Pone un énfasis particular en la accesibilidad y la usabilidad para este grupo demográfico específico. La metodología aborda aspectos como la navegación, la retroalimentación auditiva y la eficiencia de la interacción. Su enfoque único en la experiencia del usuario ciego es su punto fuerte, pero puede tener una aplicabilidad más limitada en otros contextos.

Cada una de estas metodologías de software presenta enfoques y énfasis únicos en el diseño, desarrollo y evaluación de software. La elección de la metodología dependerá de los objetivos del proyecto, el contexto de aplicación y las

necesidades específicas de los usuarios finales, ya sean educativos, discapacitados o cualquier otro grupo demográfico particular.

En comparación con la propuesta metodológica de este trabajo de tesis, ninguna de las metodologías analizadas tiene un enfoque directo con la Realidad Extendida, asimismo, no consideran el uso del Diseño Universal para el Aprendizaje en sus procesos de desarrollo enfocándose en discapacidades específicas como la metodología MECONESIS y la Metodología para la Evaluación de la Experiencia del Usuario de Sistemas de Software Interactivos para Usuarios Ciegos. Un punto importante es que todas consideran al usuario parte importante dentro de sus procesos, esta característica fue agregada en este trabajo de investigación con la integración del Diseño Centrado en el Usuario.

3.8 Diseño Universal para el Aprendizaje

En el desarrollo de herramientas de aprendizaje para personas con discapacidad es importante de generar aplicaciones que se adapten a sus necesidades, por esta razón, se opta por el uso de un enfoque realizado a principios de los años 90 por David H. Rose, de la Harvard Graduate School of Educación y sus colegas del Centro de Tecnología Especial Aplicada (CAST).

Ellos idearon un enfoque para diseñar actividades de aprendizaje que puedan adaptarse a las necesidades de aprendizaje de todos los estudiantes, el cual recibió el nombre de Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) (Dewi et al., 2018).

El DUA promueve componentes para la correcta inclusión de todas las personas con discapacidad ante elementos educativos, Rogers-Shaw (2018) lo define como “un marco para la operación de enseñanza-aprendizaje que conceptualiza el conocimiento a través de pautas centradas en el alumno que hacen hincapié en la accesibilidad, la colaboración y la comunidad”.

Para guiar a los maestros en su implementación el DUA se basa en tres principios, estos principios son: Proporcionar múltiples medios de representación,

Proporcionar medios de acción y expresión, Proporcionar múltiples medios de participación (Moore, 2007).

3.8.1 Proporcionar múltiples medios de representación

Según Kieran & Anderson (2019) “Los múltiples medios de representación incluyen la variedad de formas en que los profesores presentan la información a los alumnos. Las directrices dentro de esta faceta del DUA incluyen la diferenciación de las formas en que los estudiantes pueden percibir la información, proporcionando opciones para el lenguaje escrito y hablado, incluyendo símbolos/anotaciones matemáticas; y opciones para la comprensión.

Dentro de los múltiples medios de representación, los profesores tienen que considerar cuál es la mejor forma en que los alumnos perciben la información, cómo presentar la información de múltiples maneras y si los multimedia pueden hacer que los conceptos abstractos sean más concretos”.

En resumen, proporcionar múltiples métodos de representación resalta la importancia de la adaptación de la entrega de contenidos educativos en función de las preferencias y necesidades de los estudiantes. Es importante proporcionar una base sólida para comprender cómo los profesores pueden utilizar los múltiples medios de representación como un enfoque para crear un entorno de aprendizaje inclusivo y accesible, donde todos los estudiantes tengan la oportunidad de comprender y participar plenamente en el proceso educativo.

3.8.2 Proporcionar medios de acción y expresión

Según Goldowsky & Coyne, (2016) el proporcionar medios de acción y expresión es garantizar que los alumnos tengan acceso físico, que puedan elegir los medios y métodos que utilizan para compartir sus conocimientos, y sean apoyados en sus acciones.

En otras palabras, se refiere a ofrecer a los estudiantes una variedad de formas para demostrar su comprensión, expresar sus ideas y participar activamente en el proceso de aprendizaje. Esta faceta del DUA reconoce que los estudiantes tienen diferentes capacidades, preferencias y estilos de comunicación, y busca

eliminar las barreras que podrían dificultar su participación efectiva en el aprendizaje.

3.8.3 Proporcionar múltiples medios de participación

Según Moleko (2021) proporcionar múltiples medios de participación “Sirve de guía para ayudar a los profesores a aplicar estrategias para involucrar a diversos grupos de alumnos en actividades significativas destinadas a motivarlos, a resolver la ansiedad y a maximizar su aprendizaje.

Los alumnos difieren en cuanto a la forma en que deben participar y estar motivados para aprender. Por ejemplo, algunos alumnos se comprometen espontáneamente mediante la innovación, mientras que otros se desentienden con frecuencia y prefieren una “rutina estricta”.

Por lo antes mencionado, implica crear un ambiente en el que todos los estudiantes tengan múltiples oportunidades para interactuar y comprometerse con el contenido de manera que sea significativa para ellos. Al adaptar las actividades a diferentes estilos de aprendizaje y necesidades individuales, se promueve una participación más inclusiva y enriquecedora para todos los estudiantes.

3.8.4 Pautas del DUA

Para el uso del DUA el CAST proporciona principios o pautas para apoyar a la implementación de esta herramienta, en la figura 13 se pueden observar las pautas para cada uno de los principios establecidos.

Universal Design for Learning Guidelines

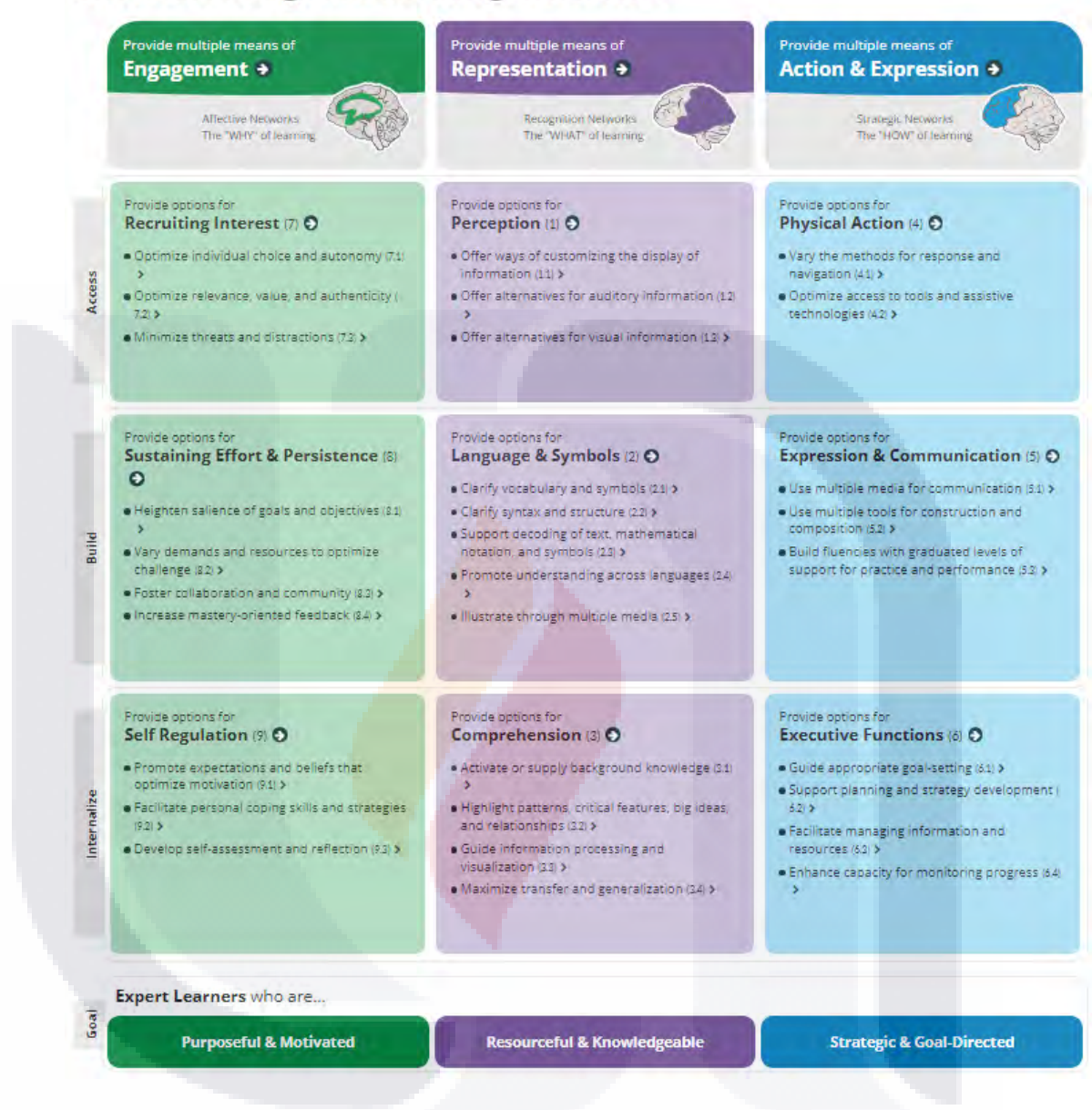


Fig. 13. Pautas establecidas para la implementación del diseño universal para el aprendizaje. Fuente: (CAST, 2018).

Estas pautas son parte de las actividades e instrumentos del diseño universal para el aprendizaje de la presente propuesta metodológica de este trabajo de tesis.

3.9 Interacción con la discapacidad (DIX)

Disability Interaction (DIX) considera la discapacidad como una fuente de innovación que puede ampliar los límites de lo posible (Holloway, 2019). Este

manifiesto se presentó en el año 2019 con la intención de ser una llamada de acción para todas aquellas personas que crean proyectos que sean accesibles e inclusivos. DIX propone que la combinación de investigación básica y aplicada puede reducir las barreras de la tecnología enmarcándose en una agenda global más amplia de Objetivos de Desarrollo Sostenible para garantizar que nadie se quede atrás (Holloway, 2019).

DIX se centra en las interacciones de las personas con sus tecnologías y en las interacciones derivadas de su uso (Holloway & Barbareschi, 2021). Por lo que se vuelve importante la consideración de contextos sociales, limitaciones temporales y situacionales de todas las personas al momento de crear una nueva solución. Con la intención de ayudar a enmarcar cada programa y proyecto DIX se proporcionan los siguientes principios DIX:

- Disability inclusion is a wicked problem: Es importante reconocer la complejidad a la hora de diseñar interacciones con la discapacidad, ya que diferentes factores como educación, sanidad, empleo y mucho más pueden afectar al momento de intentar plantear una solución.
- Applied and Basic Research Combined (ABC): DIX promueve la aplicación del enfoque ABC de Shneiderman. La investigación aplicada se define como un enfoque orientado a la misión que da lugar a soluciones y directrices prácticas; el objetivo es examinar interacciones complejas entre múltiples variables utilizando escenarios realistas. La investigación básica se define como impulsada por la curiosidad, emplea modelos reduccionistas para identificar principios universales y se basa en simplificaciones e idealizaciones para asegurar el conocimiento fundamental. Estos dos principios combinados pueden abordar problemas inmensos (Holloway & Barbareschi, 2021).
- Co-Created Solutions across a wide range of actors: En DIX se proponen a co-crear productos y enfoques en colaboración tanto con las personas que utilizarán la tecnología en determinados contextos, como con las personas y sistemas que permiten (o impiden) ese uso.
- Radically Different Interactions: Se deben aprovechar las ventajas de la tecnología para crear formas novedosas para las personas con discapacidad interactúen con la tecnología, con la gente y a través de diferentes entornos con el objetivo de posibilitar nuevas experiencias.
- Value and Usefulness: Se promueve la medición del valor que la sociedad y el usuario otorgan a la tecnología, en esencia, defendiendo su inclusión en la sociedad y ayudando a crear vías para su difusión.
- Open and Scalable: La tecnología diseñada debe ser abierta esto no significa necesariamente de código abierto. Lo que se recalca es que la tecnología debe

desarrollarse y desplegarse de forma abierta, no oculta, abierta a colaboraciones para hacerla mejor y más accesible a todos los que puedan beneficiarse de ella.

El manifiesto antes mencionado toma relevancia en este trabajo de investigación al momento de realizar la estancia internacional, dado que fue un pilar en la generación de una nueva herramienta para la generación de software accesible y pensando para todos. Para saber cómo se aplicó este manifiesto diríjase a la sección 8 Estancia de investigación.

3.10 ADC Toolkit

ADC Toolkit es una herramienta basada en la metodología de desarrollo de Friedman, B. y en el Inclusive Design Toolkit (Shum et al., 2016). Su desarrollo fue pensado para ayudar a los diseñadores a reflexionar sobre cómo modelar un buen producto y/o servicio inclusivo, teniendo en cuenta aspectos de género que permitan evitar diseños estereotipados y valores humanos, fomentando el diseño responsable; además, pretende que la solución proporcionada apoye el diseño de experiencias gamificadas que tengan en cuenta cuestiones como el género, la edad, los valores éticos o las discapacidades (Fraga Viera et al., 2020).

Este toolkit se basa en el uso de tarjetas que siguen las etapas del DCU (Research and Concept, Scoping and Design, Creation and Development, Evaluation). Dentro de cada tarjeta es posible ver actividades, cuestionamientos y recomendaciones para la producción de un software inclusivo; por lo antes mencionado, la herramienta aquí presentada se basa en tarjetas, pero con un enfoque dirigido a la construcción de software. El contenido se divide en dos secciones, una con el estado del arte de cada tema o consejo, y otra con la actividad que ayuda a pensar en formas de resolver cada problema a la hora de diseñar un producto o servicio.

El ADC Toolkit junto con el DIX son los pilares de la herramienta propuesta en la estancia de investigación y que dio como resultado la versión 3 de la metodología MEEXUU. Para saber cómo se aplicó este toolkit diríjase a la sección 8 Estancia de investigación.

4 PROCESO DE DEFINICIÓN DE LA METODOLOGÍA MEEXUU

CAPITULO 4

4 PROCESO DE DEFINICIÓN DE LA METODOLOGÍA MEEXUU

En esta sección se presenta un enfoque estructurado y sistemático para desarrollar experiencias de realidad extendida (como la realidad virtual y aumentada) que sean accesibles e inclusivas para personas con discapacidades físicas. Se detalla la importancia de la nueva metodología, su visión general, la base metodológica, su integración y esquema metodológico, así como los métodos de evaluación seleccionados.

**Cuanto más difícil es el conflicto,
más glorioso es el triunfo**

Thomas Pain

4.1 Importancia de la nueva metodología

Los hallazgos de la revisión sistemática presentada en este documento (Sección 3.1) revelan una necesidad crítica en el campo de desarrollo tecnológico: la carencia de una metodología especializada para crear aplicaciones de Realidad Extendida (RE) accesibles para personas con discapacidades físicas de interacción. Esta necesidad se hace evidente al analizar tres aspectos fundamentales:

Primero, la investigación demuestra que los enfoques actuales adolecen de una participación significativa de los usuarios finales en los procesos de desarrollo, a pesar de que la literatura especializada resalta continuamente la importancia del Diseño Centrado en el Usuario (DCU) para crear soluciones tecnológicas verdaderamente inclusivas. Segundo, se identifica una implementación insuficiente de los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) en las aplicaciones existentes, lo que limita su potencial educativo y de inclusión social.

Las limitaciones de las metodologías actuales son particularmente evidentes en su rigidez tecnológica. Nuestro análisis muestra que los marcos existentes presentan dificultades para adaptarse a la diversidad de plataformas y dispositivos de RE (Realidad Virtual, Aumentada y Mixta), lo que restringe su aplicabilidad en distintos contextos y reduce su capacidad para responder a las necesidades específicas de diversos proyectos y poblaciones usuarias.

Esta nueva metodología propuesta surge como respuesta a estas carencias, integrando de manera sistemática tres componentes esenciales: (1) un enfoque de DCU que garantiza la participación activa de los usuarios con discapacidad física en todas las etapas del desarrollo; (2) la aplicación rigurosa de los principios del DUA para asegurar la accesibilidad cognitiva y física; y (3) una estructura flexible capaz de adaptarse a las distintas tecnologías de RE y a la variedad de necesidades que presentan los diferentes proyectos.

La importancia de esta contribución metodológica radica en su potencial para superar las limitaciones identificadas, ofreciendo un marco estructurado que no solo guíe el desarrollo técnico, sino que además garantice que las soluciones resultantes sean verdaderamente inclusivas, pedagógicamente sólidas y tecnológicamente versátiles. Al abordar estas necesidades críticas, la metodología propuesta pretende establecer un nuevo estándar en el desarrollo de experiencias de RE accesibles.

4.2 Visión General

Se plantea una metodología de desarrollo de software que promueva la colaboración multidisciplinaria entre diseñadores, desarrolladores, expertos en accesibilidad y, de manera fundamental, los usuarios con discapacidades. La inclusión temprana de estos últimos en el proceso garantiza que sus necesidades, perspectivas y experiencias se sitúen en el núcleo del diseño y desarrollo.

Este enfoque centrado en el usuario permitirá la creación de experiencias de realidad extendida (RE) que sean verdaderamente accesibles, funcionales y significativas para un público diverso.

Adicionalmente, gracias a la aplicación de los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (UDL), se desarrollarán aplicaciones capaces de ampliar su alcance y beneficiar a un espectro más amplio de usuarios, incluso cuando su enfoque principal esté dirigido a un tipo específico de discapacidad.

Asimismo, se integrarán los paradigmas más actuales en materia de diseño inclusivo, proponiendo actualizaciones continuas a la metodología para mantenerla alineada con las últimas tendencias y estándares en accesibilidad. De esta manera, se asegura un proceso de desarrollo que no solo responde a las necesidades actuales, sino que también se anticipa a los desafíos futuros en la creación de soluciones inclusivas para todas las personas.

4.3 Base de la metodología

En primera instancia esta metodología tomó como base aquellos trabajos de la revisión sistemática que proponen un modelo o metodología aplicado a Realidad Extendida considerando discapacidades físicas de interacción, Diseño Universal para el Aprendizaje y Diseño Centrado en el Usuario (Matthews et al., 2021), (Vi et al., 2019), (Bauer et al., 2021), (Sweetser & Rogalewicz, 2020), (Mustafa & Aldein, 2020), (Caggianese et al., 2018), (Krajčovič et al., 2021), (Zucchi et al., 2020), (Gomes et al., 2020), (van Wyk & de Villiers, 2019).

Se consideró la metodología para la evaluación de la Experiencia del usuario de sistemas De software interactivos para Usuarios ciegos” propuesto por (Álvarez et al., 2019) para definir actividades dentro y la metodología para la evaluación de la Experiencia del usuario de sistemas De software interactivos para Usuarios ciegos” propuesto por (Cano Mazuera, 2016) como base para la estructura del diagrama metodológico.

Además de estos elementos, las actividades fueron modificadas conforme se avanzaba en las iteraciones metodológicas (Ver sección 7) con base en las observaciones realizadas por las personas utilizaban la propuesta metodológica.

4.4 Integración de la metodología

Como se ya se ha mencionado, en esta metodología se busca desarrollar software de realidad extendida uniendo características del Diseño Centrado en el Usuario y el Diseño Universal para el aprendizaje, se sabe que el usuario debe ser parte central durante todo el proceso, además, que aplicar estrategias para llegar a diferentes discapacidades puede ser posible.

Por lo tanto, lo que se intenta hacer con esta metodología es unir estos aspectos para la producción de un software de Realidad Extendida que se adapte a las características del usuario que en última instancia utilizará el producto y que, además, este capacitada para ser utilizada por personas con otros tipos de discapacidad.

4.5 Proceso de construcción de la metodología MEEXUU

Para la construcción de la metodología MEEXUU, se empleó el modelo en espiral que se presenta en la figura 14. Este modelo está conformado por las siguientes etapas: Definición de la metodología MEEXUU, Iteraciones metodológicas, Evaluación de casos de uso y Modificación metodológica. Como resultado de este proceso, se obtuvieron iteraciones que fueron aplicadas y validadas a través de casos de estudio con personas ciegas y con autismo, lo que permitió ajustar y mejorar la metodología de manera iterativa.

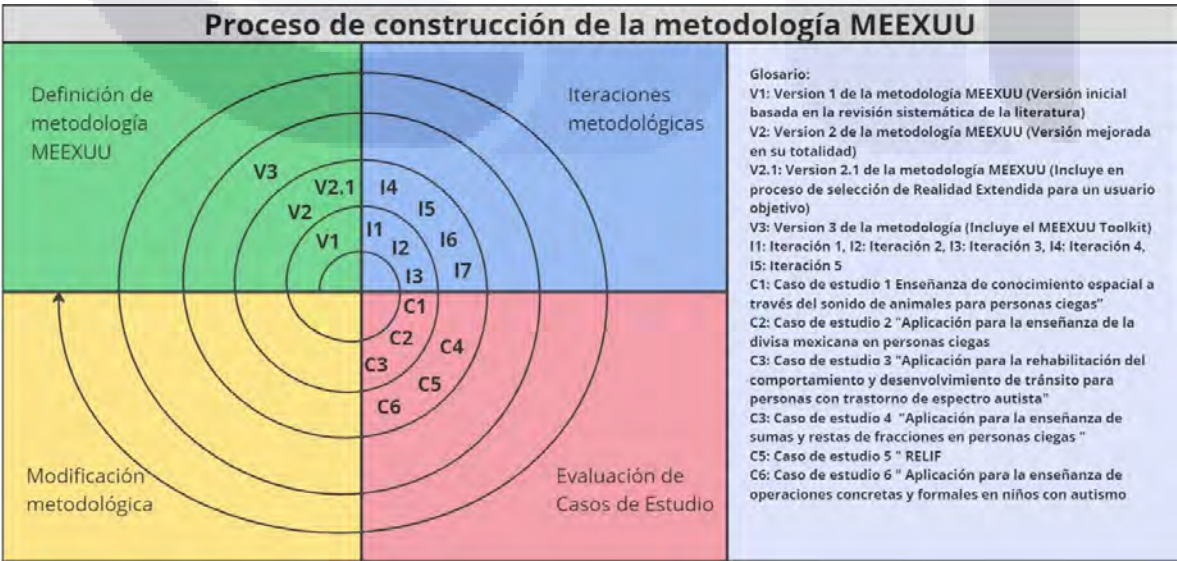


Fig. 14. Proceso de construcción de la metodología MEEXUU

La definición de la metodología consistió en elaborar versiones preliminares de la propuesta metodológica, diseñadas a partir de actividades e instrumentos identificados en los trabajos base que sustentan la metodología. Posteriormente, se llevaron a cabo iteraciones para evaluar los casos de estudio y los instrumentos aplicados.

Una vez analizados estos criterios, se procedió a desarrollar una nueva propuesta metodológica, incorporando los ajustes necesarios. A lo largo de esta investigación, se definieron tres versiones de la propuesta metodológica, cada una con modificaciones significativas que justificaron su consideración como versiones nuevas.

La versión 1 se construyó exclusivamente a partir de los artículos identificados en la revisión sistemática (ver sección 5.1). La versión 2 surgió como resultado de su implementación en diversas iteraciones, lo que permitió detectar aquellas actividades que requerían modificaciones o generaban confusión. Además, esta versión se vio influenciada por los hallazgos obtenidos en la evaluación de la metodología (ver sección 5.2). Por último, la versión 3 incorporó un toolkit denominado MEEXUU Toolkit, desarrollado durante la estancia de investigación realizada en la Universidad de La Laguna (ver sección 5.4).

Finalmente, es fundamental que una metodología cuente con un esquema claro que permita identificar en qué etapa del proceso nos encontramos y qué actividad debe realizarse a continuación. El esquema desarrollado se estructura en cuatro etapas principales: análisis, pre-producción, producción y post-producción. Cada una de estas etapas incluye diversas actividades orientadas a cubrir aspectos clave, como la definición de requerimientos, la identificación de roles, el diseño de la solución, la aplicación del diseño universal para el aprendizaje, el desarrollo de la solución y las evaluaciones de pruebas y uso (ver figura 15). Este esquema proporciona una guía sistemática para la implementación efectiva de la metodología MEEXUU.

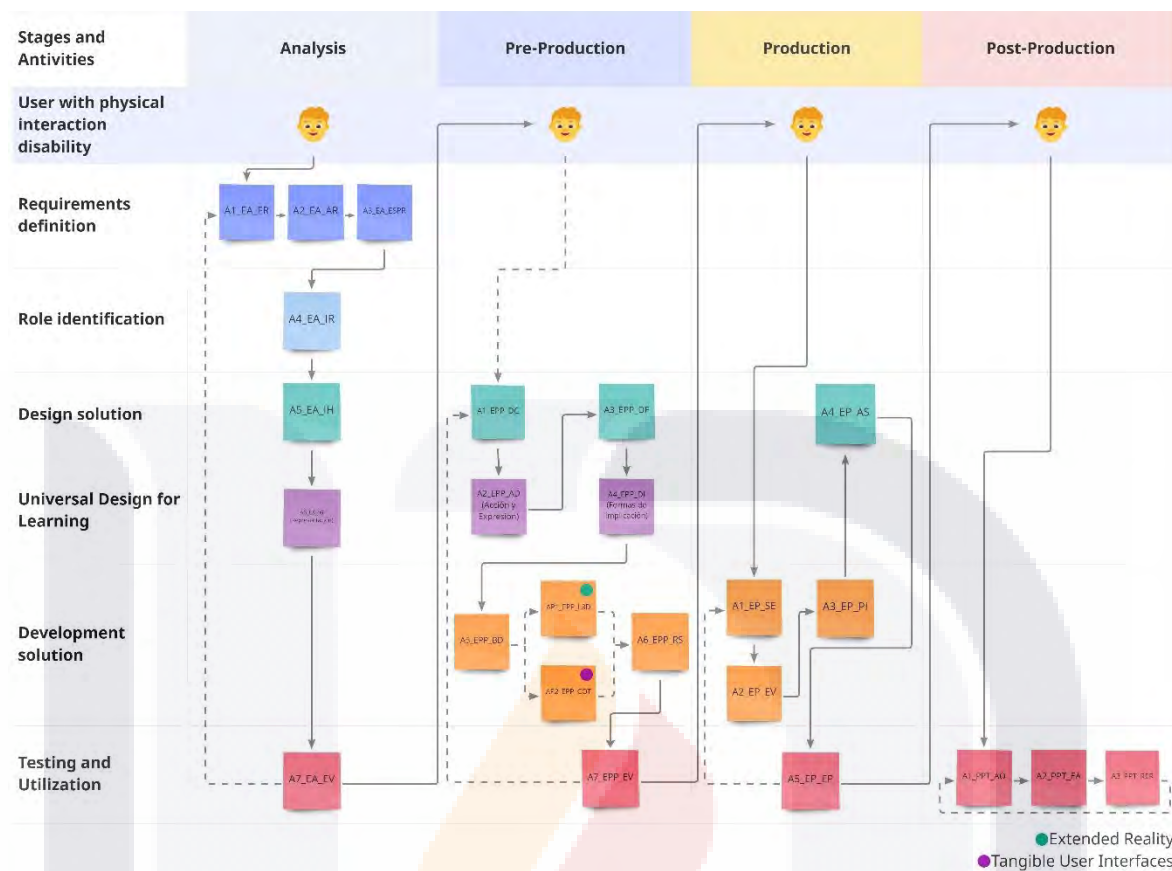


Fig. 15. Esquema de la metodología MEEXUU

4.6 Descripción de la selección de los métodos de evaluación

Para la selección de los métodos de evaluación que componen la metodología se tomaron en consideración aquellos instrumentos identificados en la revisión sistemática de la literatura. Para medir la satisfacción se puede utilizar el método presentado en como el implementado por Guedes et al. (2020), para analizar el estrés al momento de utilizar Realidad extendida se puede utilizar el instrumento utilizado por Neira-Tovar y Castilla (2017), asimismo, si se requiere analizar la operación, agilidad e interacción pueden revisar a Parras-Burgos et al. (2020). Por otro lado, Sukotjo (2021) proporciona un instrumento para medir la percepción, de este mismo modo, Salomoni et al. (2017) puede servir para evaluar las interfaces gráficas y finalmente, la usabilidad de sistema se puede medir implementando el System Usability Scale (Brooke, 1996) un instrumento

implementado en distintos proyectos con Realidad Extendida (AlMuraikhi et al., 2021; Costa et al., 2016; Dayarathna et al., 2021; Hamzah et al., 2021).

5 PROPUESTA METODOLÓGICA MEEXUU

CAPITULO 5

5 PROPUESTA METODOLÓGICA

En esta sección se presentan las distintas versiones de la propuesta metodológica, junto con sus actividades, artefactos y etapas. Al final, se realiza una comparación entre ellas.

La mejor forma de predecir el futuro es crearlo,

Dennis Gabor

5.1 Metodología MEEXUU (Versión 1)

La metodología MEEXUU (**ME**thodology, **EX**tended reality, **U**niversal design for Learning, **U**ser centered-design) se divide en cuatro etapas principales (Análisis, Pre-Producción, Producción, Post-producción) cuyo objetivo es guiar al equipo de desarrollo para la correcta concepción de productos de software de Realidad Extendida para personas con discapacidades físicas de interacción implementando técnicas del Diseño Universal Para el Aprendizaje y Diseño Centrado en el Usuario (Ver figura 16).

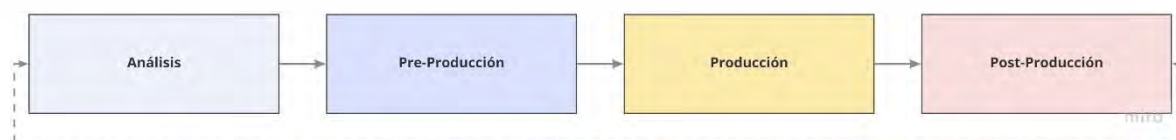


Fig. 16. Etapas de la metodología MEEXUU.

Dentro de cada una de las etapas que componen a dicha metodología se encuentran diferentes actividades y artefactos para asegurar la solución al problema

a resolver. Estas actividades tratan de implementar diferentes características las cuales están divididas en: Definición de requisitos, Identificación de roles, Diseño universal para el aprendizaje, Diseño de interfaces y Realidad Extendida, Implementación, Validación de software y aplicación de RE (Ver figura 17).

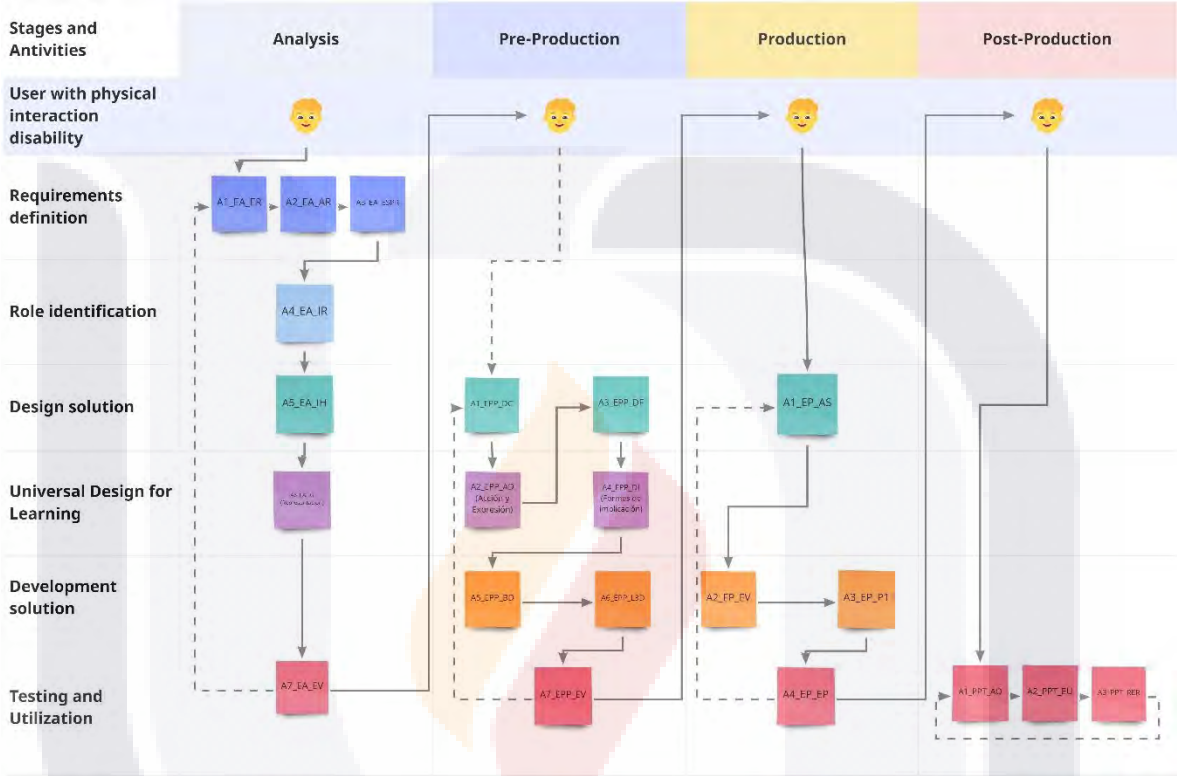


Fig. 17. Modelo inicial de la metodología MEEXUU.

Tabla 8. Objetivos establecidos en el proceso metodológico.

Característica	Objetivo	Fuente
Definición de Requerimientos	Identificar los requerimientos del software o aplicación a desarrollar involucrando al usuario en cada parte del proceso.	(Sommerville, 2011), (Chaves, 2005)
Identificación de roles	Identificar los roles que serán parte de la aplicación para llegar a la solución más adecuada según las características del usuario final.	(Sommerville, 2011), (Chaves, 2005)
Diseño de solución	Diseñar la solución al problema identificado implementando herramientas de Realidad Extendida.	(Sommerville, 2011), (Chaves, 2005)

Diseño Universal para el aprendizaje	Aplicar técnicas de aprendizaje para la creación de un software más inclusivo considerando las características especiales del usuario final.	(Alba Pastor et al., 2015; Parody et al., 2022; Pastor et al., 2014)
Desarrollo de solución	Producir el software de realidad extendida aplicando lo establecido en las características anteriores.	(Bauer et al., 2023; Çöltekin et al., 2020; Mosher et al., 2022)
Pruebas y utilización	Evaluar el software o aplicación resultante con base en criterios de usabilidad, salud, experiencia, entre otros.	

5.1.1 Proceso de software

Las actividades de la metodología siguen un proceso de software, el cual están basados en el trabajo de (Cristián Andrés, 2012) (Ver figura 18).

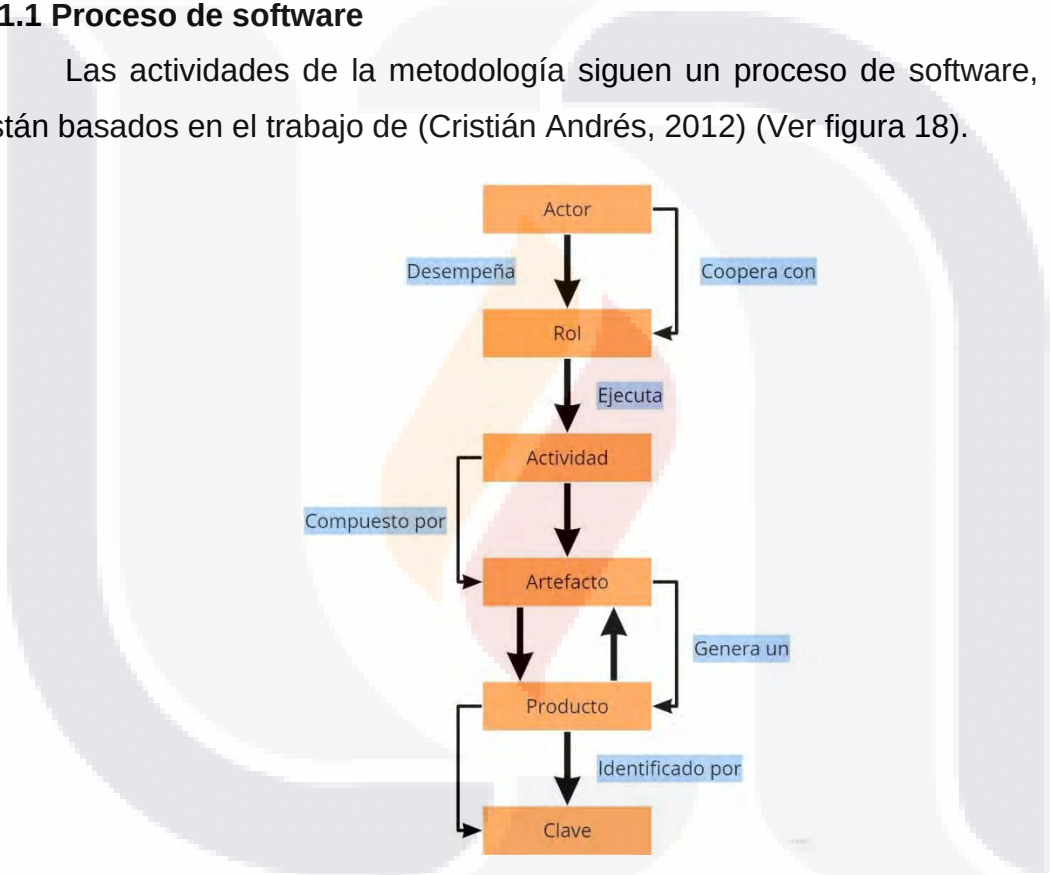


Fig. 18. Relación entre componentes básicos dentro de cada etapa. Fuente: Basada en (Cristián Andrés, 2012).

A continuación, se describen los elementos que lo componen:

- Actor: Es la entidad responsable de llevar a cabo el proceso, definida por las características del rol que cumple y sus competencias. Puede asumir múltiples roles dentro de una actividad específica. Estos actores se dividen en dos categorías:

- A. Actores humanos: son las personas implicadas en el proceso de desarrollo de software, quienes pueden ser organizadas en equipos de trabajo.
- B. Actores del sistema: comprenden el hardware o software que forman parte de los procesos, perteneciendo al ámbito del soporte tecnológico.
- Rol: Representa un conjunto de responsabilidades, derechos y competencias requeridas para llevar a cabo una actividad dentro del proceso de desarrollo de software. Varios roles pueden colaborar entre sí para cumplir con estas actividades. Este concepto establece la relación entre los actores y las actividades, basada en las tareas y obligaciones que deben desempeñar los actores involucrados.
- Actividad: Es una etapa del proceso llevada a cabo por un actor, durante la cual se producen cambios observables en el estado del producto de software. Esta etapa integra e implementa procedimientos, normas, políticas y objetivos con el propósito de crear o modificar un conjunto de artefactos. Comprende elementos de entrada, salida y resultados intermedios, que suelen incluir productos finales como documentos de especificación de requerimientos o esquemas de bases de datos.
- Artefacto: Es el (sub)producto y la materia prima de un proceso. Un artefacto generado por un proceso puede ser utilizado posteriormente por el mismo u otro proceso como materia prima para crear otro artefacto. Un artefacto se desarrolla y mantiene dentro de un proceso. Un artefacto puede tener una vida útil prolongada, por lo que habrá diferentes versiones de cada artefacto, al igual que en los procesos de software. El (sub)producto puede ser creado, utilizado o modificado durante una actividad. La colección de artefactos de software se denomina producto de software.
- Producto: Es el resultado final una vez realizada la actividad implementando su artefacto correspondiente, cada actividad puede tener uno o más productos dependiendo de lo establecido en ella.

- Clave: Es el identificador asignado para el producto realizado.

5.1.2 Etapa Análisis

La etapa análisis tiene como objetivo identificar los requisitos del sistema que se desea construir, para ello es fundamenta la incorporación del usuario final en cada una de sus actividades, asegurando de esta manera que el producto cumpla con las necesidades que se desean cubrir.

Esta etapa se compone actualmente por siete actividades, cada una de ellas pensadas para que se ejecuten de manera secuencial, sin embargo, al finalizar las siete etapas en caso de ser necesario se puede realizar una revisión de cada una de las actividades incorporando al usuario. En la tabla 9 se puede observar la descripción general de cada una de las actividades.

Tabla 9. Descripción general de actividades de la etapa Análisis

Identificador	Nombre	Descripción	Fuente
A1_EA_ER	Extracción de requerimientos	En esta actividad se debe trabajar en conjunto con el usuario final y los expertos en el tema que se desea tratar para identificar el problema que se quiere resolver, los servicios que debe ofrecer el sistema, así como las restricciones que se pueden presentar.	(Sommerville, 2011), (Chaves, 2005)
A2_EA_AR	Análisis de requerimientos	En esta actividad se deben descubrir problemas con los requerimientos del sistema identificados en la sección de Extracción de requerimientos.	(Sommerville, 2011), (Chaves, 2005)
A3_EA_ESPR	Especificación de requerimientos	En esta actividad se realizan especificaciones de los requerimientos funcionales y no funcionales establecidos para el proyecto.	(Sommerville, 2011), (Chaves, 2005)
A4_EA_IR	Identificación de roles	Una vez identificado correctamente el problema resolver y los requisitos funcionales y No funcionales, es importante identificar los expertos que formaran parte del diseño e implementación del sistema, así como, la herramienta de Realidad Extendida a implementar.	(Sommerville, 2011), (Chaves, 2005)
A5_EA_IH	Identificación de herramienta de Realidad Extendida a implementar	En esta actividad se debe de identificar la herramienta de Realidad Extendida que se implementará para resolver el problema, la elección se debe realizar con base en las características de interacción del usuario final.	(Sommerville, 2011), (Chaves, 2005)
A6_EA_IG	Interfaces graficas	Una vez identificados los requerimientos del sistema (Funcionales y No funcionales) y la herramienta de Realidad Extendida a aplicar, se deberán realizar los primeros bosquejos que ayudarán a la solución del problema en la etapa de Pre-Producción.	(Sommerville, 2011), (Chaves, 2005)

A7_EA_EV	Evaluación	En esta actividad se debe realizar una síntesis las principales características establecidas en esta etapa, posteriormente, se deben evaluar junto con el usuario final para asegurar el cumplimiento de los requerimientos establecidos.	(Sommerville, 2011), (Chaves, 2005)
----------	------------	---	-------------------------------------

Para una mejor identificación del proceso seguido en la etapa análisis se pueden observar la figura 19.

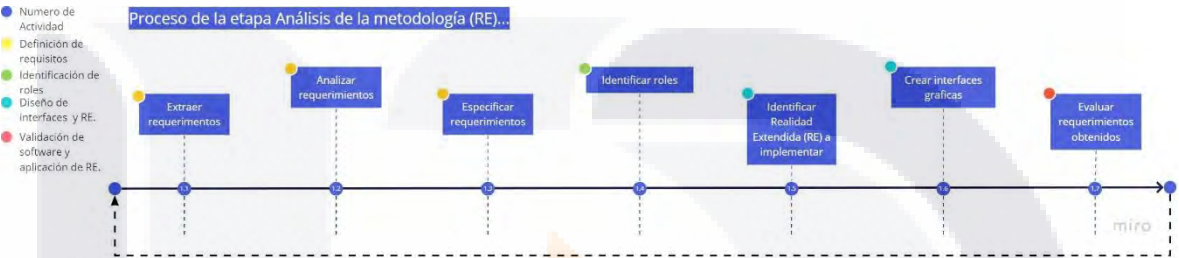


Fig. 19. Proceso de la etapa análisis opción 1.

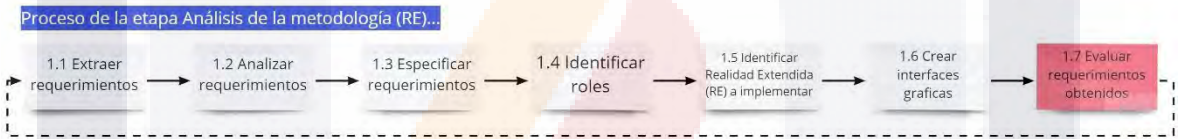


Fig. 20. Proceso de la etapa análisis opción 2.

En la figura 21 se puede observar más a detalle el objetivo, responsables, técnicas o herramienta, producto e identificador de cada actividad de esta etapa.

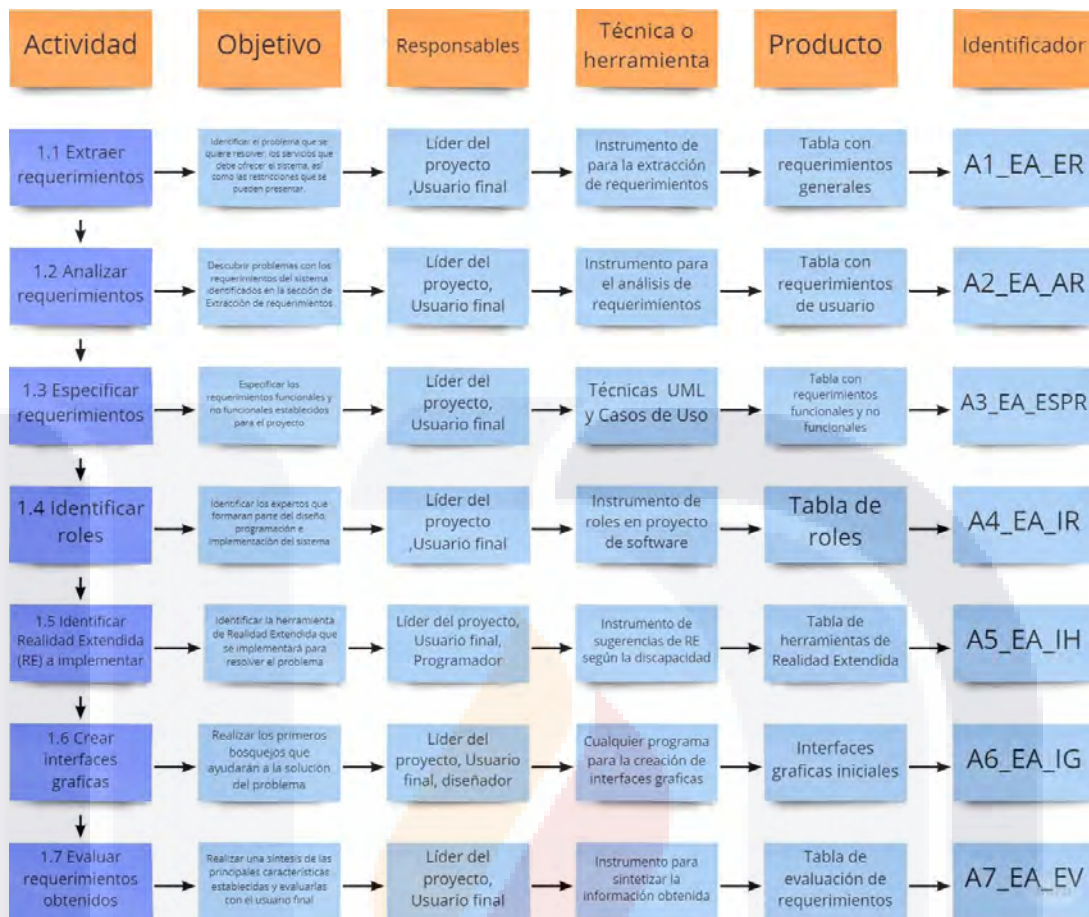


Fig. 21. Actividades de la etapa análisis detalladas.

Asimismo, se puede observar la figura 10 a modo de tabla (Ver tabla 10).

Tabla 10. Actividades de la etapa análisis detalladas (Modo tabla).

Actividad	Objetivo	Responsables	Técnica o herramienta	Producto	Clave
1.1 Extraer requerimientos	Identificar el problema que se quiere resolver, los servicios que debe ofrecer el sistema, así como las restricciones que se pueden presentar.	Líder del proyecto, Usuario final	Instrumento de para la extracción de requerimientos	Requerimientos generales del proyecto	A1_EA_ER
1.2 Analizar requerimientos	Descubrir problemas con los requerimientos del sistema identificados en la sección de Extracción de	Líder del proyecto, Usuario final	Instrumento para el análisis de requerimientos	Tabla con requerimientos de usuario	A2_EA_AR

	requerimientos				
1.3 Especificar requerimientos	Especificar los requerimientos funcionales y no funcionales establecidos para el proyecto	Líder del proyecto, Usuario final	Instrumento para la especificación de requerimientos	Instrumento para la especificación de requerimientos	A3_EA_ESPR
1.4 Identificar roles	Identificar los expertos que formaran parte del diseño, programación e implementación del sistema	Líder del proyecto, Usuario final	Instrumento de roles en proyecto de software	Tabla de roles	A4_EA_IR
1.5 Selección de herramienta de Realidad Extendida a implementar	Identificar la herramienta de Realidad Extendida que se implementará para resolver el problema	Líder del proyecto, Usuario final, Programador	Instrumento de sugerencias de RE según la discapacidad	Tabla de herramientas de Realidad Extendida	A5_EA_IH
1.6 Crear interfaces graficas	Realizar los primeros bosquejos que ayudarán a la solución del problema	Líder del proyecto, Usuario final, diseñador	Cualquier programa para la creación de interfaces graficas	Interfaces graficas iniciales	A6_EA_IG
1.7 Evaluar requerimientos obtenidos	Realizar una síntesis de las principales características establecidas y evaluarlas con el usuario final	Líder del proyecto, Usuario final	Instrumento para sintetizar la información obtenida	Tabla de evaluación de requerimientos	A7_EA_EV

5.1.3 Etapa Pre-Producción

La etapa de pre-producción tiene como objetivo sentar las bases de diseño a la solución del problema que se desea resolver, para ellos es fundamental la cooperación de diferentes expertos como el líder del proyecto, programadores, diseñadores gráficos y diseñadores 3D, todos ellos apoyados por el usuario final para asegurar que se cumplan con las necesidades que realmente se desean cubrir.

Esta se compone actualmente por seis actividades, cada una de ellas pensadas para que se ejecuten de manera secuencial, sin embargo, al finalizar las seis etapas en caso de ser necesario se puede realizar una revisión de cada una de las actividades incorporando al usuario y agregar aquellas características que

consideran hacen falta. En la tabla 11 se puede observar la descripción general de cada una de las actividades.

Tabla 11. Descripción general de actividades de la etapa Pre-Producción

Identificador	Nombre	Descripción	Fuente
A1_EPP_DC	Diseño de diagramas de clase	Esta actividad se debe trabajar en conjunto con el usuario final, líder del proyecto y el programador para la generación del diagrama de clase de la aplicación de Realidad Extendida que se desea diseñar.	(Sommerville, 2011), (Kulkarni & Prasad, 2021)
A2_EPP_DF	Diseño de diagramas de flujo	En esta actividad se debe trabajar en conjunto con el Líder del proyecto, usuario final y el programador para la generación del diagrama de flujo el cual demostrará las características principales que debe realizar el sistema de Realidad Extendida.	(Sommerville, 2011), (Gulati & Vatanawood, 2019)
A3_EPP_DF	Diseño de interfaces estáticas y dinámicas	Esta actividad se debe trabajar en conjunto con el Usuario final, líder de proyecto, programador, Diseñador gráfico y Diseñador 3D para la construcción de las interfaces graficas que darán solución al problema de Realidad Extendida, además, se deberán apoyar en las pautas establecidas por el Diseño Universal para el Aprendizaje y los artefactos para mejorar la experiencia de Realidad Extendida.	(Sommerville, 2011), (Penelope Sweetser & Wyeth, 2005; Penny Sweetser & Rogalewicz, 2020), (Caggianese et al., 2018), (Vi et al., 2019), (Krajčovič et al., 2021)
A4_EPP_L3D	Librería en 3D	Esta actividad se debe trabajar en conjunto con el Usuario final, líder de proyecto y Diseñador 3D. Una vez realizadas las interfaces estáticas y dinámicas se deberá crear una librería de los objetos 3D que serán parte de la aplicación, además, se deberá redactar su función (Que representan, Como se interactuara con ellos o que función tienen).	(Sommerville, 2011),
A5_EPP_BD	Modelado y construcción de la base de datos	Esta actividad se debe trabajar con el líder del proyecto, usuario final y el programador para la modelación de la base de datos a través de un mapa entidad relación.	(Sommerville, 2011),
A6_EPP_EV	Evaluación de diseños obtenidos	Una vez identificados los requerimientos del sistema (Funcionales y No funcionales) y la herramienta de Realidad Extendida a aplicar, se deberán realizar los primeros bosquejos que ayudarán a la solución del problema en la etapa de Pre-Producción.	(Sommerville, 2011),

Para una mejor identificación del proceso seguido en la etapa Pre-Producción se pueden observar la figura 22 y 23.

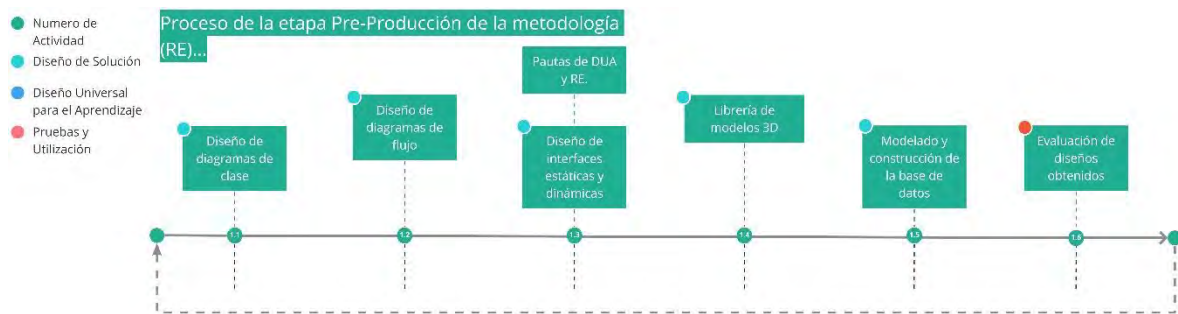


Fig. 22. Proceso de la etapa de Pre-Producción opción 1.

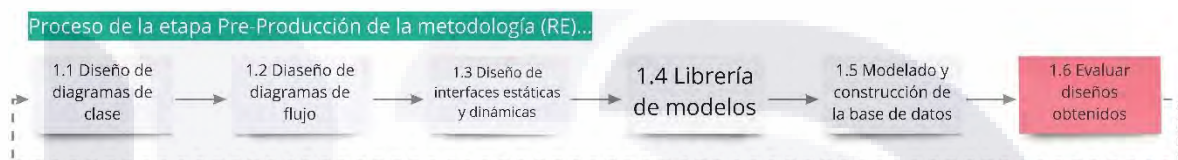


Fig. 23. Proceso de la etapa de Pre-Producción opción 2.

En la figura 24 se puede observar más a detalle el objetivo, responsables, técnicas o herramienta, producto e identificador de cada actividad de esta etapa.



Fig. 24. Actividades de la etapa de Pre-Producción detalladas.

Asimismo, se puede observar esta figura en modo de tabla (Ver tabla 12).

Tabla 12. Actividades de la etapa de Pre-Producción detalladas (Modo tabla).

Actividad	Objetivo	Responsables	Técnica o herramienta	Producto	Clave
2.1 Diseño de diagramas de clase	Realizar el diagrama de clase de la aplicación de Realidad Extendida a diseñar	Líder del proyecto, Usuario final, programador	Técnicas UML	Requerimientos generales del proyecto	A1_EPP_DC
2.2 Diseño de diagramas de flujo	Realizar el diagrama de flujo de la aplicación de Realidad Extendida a diseñar	Líder del proyecto, Usuario final, programador	Técnicas UML	Tabla con requerimientos de usuario	A2_EPP_DF
2.3 Diseño de interfaces estáticas y dinámicas	Diseñar las interfaces estáticas y dinámicas que darán solución al problema al resolver dentro del proyecto	Líder del proyecto, Usuario final, diseñador gráfico, diseñador 3D	DUA_1, ER_1, ER_2, GameFlow_1	Instrumento para la especificación de requerimientos	A3_EPP_DF
2.4 Librería en 3D	Identificar los expertos que formaran parte del diseño, programación e implementación del sistema	Líder del proyecto, Usuario final, Diseñador 3D	Editor de texto	Tabla de roles	A4_EPP_L3D
2.5 Modelado y construcción de la base de datos	Crear el modelado y construcción de la base de datos para el proyecto	Líder del proyecto, Usuario final, Programador	Editor de diagramas entidad relación	Tabla de herramientas de Realidad Extendida	A5_EPP_BD
2.6 Evaluación de diseños obtenidos	Realizar una síntesis de las principales características establecidas y evaluarlas con el usuario final	Líder del proyecto, Usuario final, diseñador gráfico, Diseñador 3D	Editor de texto	Síntesis de evaluación de diseño	A6_EPP_EV

Para una mejor implementación del proceso metodológico se hacen uso de artefactos que tienen como objetivo auxiliar al desarrollador en la inclusión de las herramientas de Realidad Extendida, Diseño Universal para el aprendizaje, entre otros. Los artefactos de la etapa de pre-producción y sus actividades asociadas se pueden observar en la tabla 13.

Tabla 13. Artefactos de la etapa de pre-produccion.

Actividad	Objetivo	Responsables	Técnica o herramienta	Clave	Actividad asociada
-----------	----------	--------------	-----------------------	-------	--------------------

Pautas sugeridas según la discapacidad y los principios del Diseño Universal para el aprendizaje (DUA)	Ayudar en la elección de las mejores pautas basadas en el DUA según la discapacidad que presente el usuario objetivo.	Líder del proyecto, Diseñador de interfaces	Observación y selección	DUA_1	A4_EPP_DI_V2
Pautas para el diseño de Realidad Extendida utilizando Head Mounted Display)	Ayudar en la elección de las mejores pautas para el diseño de Realidad Extendida utilizando los HMD y mejorar la experiencia del usuario.	Líder del proyecto, Diseñador de interfaces	Observación y selección	ER_1	
Pautas para el diseño de Interfaces Diegéticas	Ayudar en la elección de las mejores pautas para el diseño de Interfaces Diegéticas utilizando Realidad Extendida y mejorar la experiencia del usuario.	Líder del proyecto, Diseñador de interfaces	Observación y selección	ER_2	
Elementos de GameFlow para una experiencia de juego agradable	<i>Ayudar en la elección de elementos para mejorar la satisfacción del jugador en los juegos de Realidad Extendida.</i>	Líder del proyecto, Diseñador de interfaces	Observación y selección	GameFlow_1	

5.1.4 Etapa Producción

La etapa de producción tiene como objetivo desarrollar la solución al problema establecido en la etapa de análisis implementando los diseños de la etapa de Pre-Producción. Esta etapa se compone actualmente por cuatro actividades, cada una de ellas pensadas para que se ejecuten de manera secuencial, sin embargo, al finalizar las cuatro etapas en caso de ser necesario se puede realizar una revisión de cada una de las actividades incorporando al usuario y agregar aquellas características que consideran hacen falta. En la tabla 14 se puede observar la descripción general de cada una de las actividades.

Tabla 14. Descripción general de actividades de la etapa Producción.

Identificador	Nombre	Descripción	Fuente
A1_EP_AS	Arquitectura del sistema	Esta actividad se debe trabajar en con el líder del proyecto y el programador para la definición de la arquitectura del sistema, esta arquitectura debe demostrar la sinergia entre los componentes para lograr su objetivo.	(Sommerville, 2011), (Kulkarni & Prasad, 2021)
A2_EP_EV	Creación del entorno virtual	En esta actividad se debe trabajar en conjunto con el Líder del proyecto, programador y diseñador para la creación del entorno virtual que dará solución al problema definido en la etapa de análisis. Este entorno se creará en las herramientas de desarrollo seleccionadas por el equipo de desarrollo.	(Sommerville, 2011), (Gulati & Vatanawood, 2019)
A3_EP_PI	Programación de interacción	Esta actividad se debe trabajar en conjunto con el Usuario final, líder de proyecto, programador, Diseñador gráfico y Diseñador 3D para la programación de interacción. una vez construido el entorno virtual, se procederá a darle funcionalidad conforme lo establecido en la etapa de diseño y los requerimientos funcionales y no funcionales.	(Sommerville, 2011), (Penelope Sweetser & Wyeth, 2005; Penny Sweetser & Rogalewicz, 2020), (Caggianese et al., 2018), (Vi et al., 2019), (Krajčovič et al., 2021)
A4_EP_EP	Evaluación del prototipo	Esta actividad se debe trabajar en conjunto con el Usuario final, líder de proyecto y Diseñador 3D. Una vez realizado en entorno virtual con todas sus interacciones programadas se procederá a una evaluación general de las funcionalidades del sistema.	(Sommerville, 2011),

Para una mejor identificación del proceso seguido en la etapa producción se pueden observar las figuras 25 y 26.

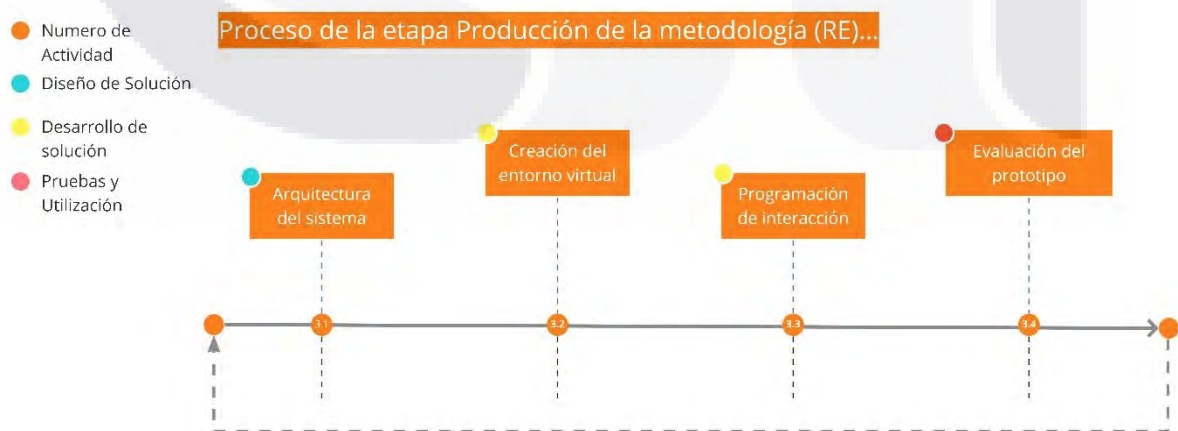


Fig. 25. Proceso de la etapa de Pre-Producción opción 1.

Proceso de la etapa Producción de la metodología (RE)...

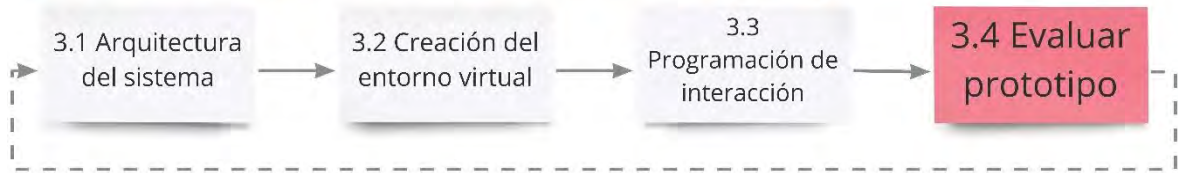


Fig. 26. Proceso de la etapa de Pre-Producción opción 2.

En la figura 27 se puede observar más a detalle el objetivo, responsables, técnicas o herramienta, producto e identificador de cada actividad de esta etapa.

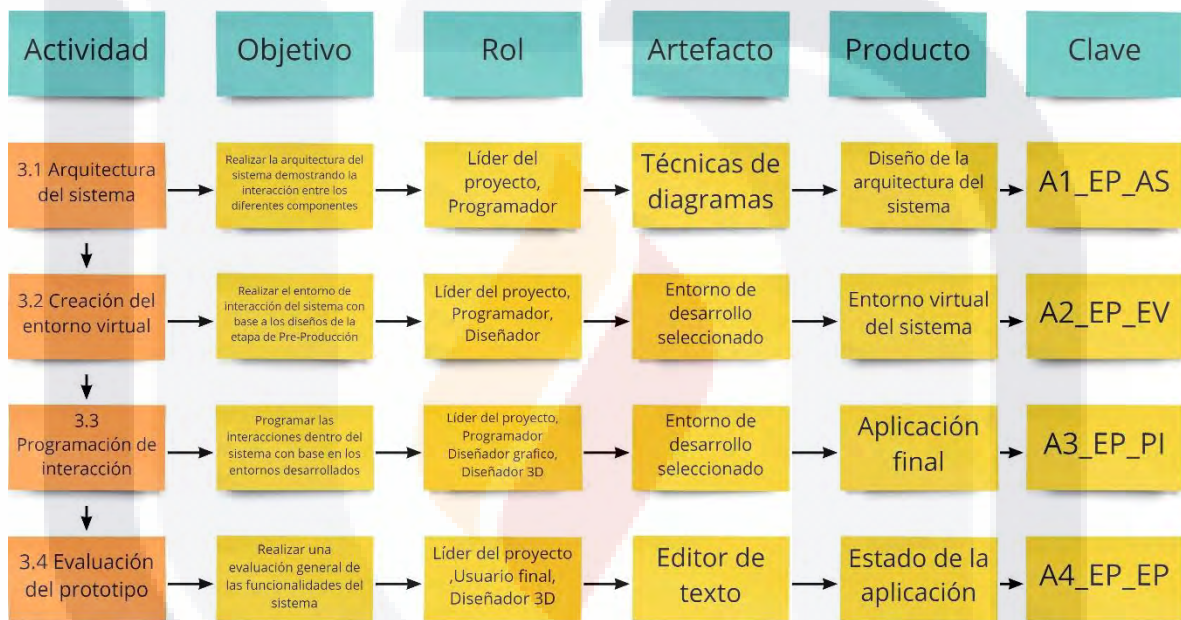


Fig. 27. Actividades de la etapa de Pre-Producción detalladas.

Asimismo, se puede observar esta figura a modo de tabla (Ver tabla 15).

Tabla 15. Actividades de la etapa de Pre-Producción detalladas (Modo tabla).

Actividad	Objetivo	Responsables	Técnica o herramienta	Producto	Clave
3.1 Arquitectura del sistema	Realizar la arquitectura del sistema demostrando la interacción entre los diferentes componentes	Líder del proyecto, programador	Técnicas de diagramas	Diseño de la arquitectura del sistema	A1_EP_AS
3.2 Creación del entorno virtual	Realizar el entorno de interacción del sistema con base a los diseños de la etapa de Pre-Producción	Líder del proyecto, programador, Diseñador	Entorno de desarrollo seleccionado	Entorno virtual del sistema	A2_EP_EV

3.3 Programación de interacción	Programar las interacciones dentro del sistema con base en los entornos desarrollados	Líder del proyecto, Usuario final, diseñador gráfico, diseñador 3D	Entorno de desarrollo seleccionado	Aplicación final	A3_EP_PI
3.4 Evaluación del prototipo	Realizar una evaluación general de las funcionalidades del sistema	Líder del proyecto, Diseñador 3D	Editor de texto	Estado de la aplicación	A4_EP_EP

5.1.5 Etapa Post-Producción

La etapa de Post-producción tiene como objetivo evaluar el cumplimiento de los objetivos establecidos en la etapa de análisis, además, evalúa la usabilidad y la correcta implementación de la Realidad Extendida. Esta etapa se compone actualmente por tres actividades, cada una de ellas pensadas para que se ejecuten de manera secuencial, sin embargo, al finalizar las tres etapas en caso de ser necesario se puede realizar una revisión de cada una de las actividades incorporando al usuario y agregar aquellas características que consideran hacen falta. En la tabla 16 se puede observar la descripción general de cada una de las actividades.

Tabla 16. Descripción general de actividades de la etapa Producción

Identificador	Nombre	Descripción	Fuente
A1_PPT_AO	Análisis de objetivos	Esta actividad se debe trabajar en conjunto con el usuario final y el líder del proyecto para evaluar el cumplimiento de los objetivos establecidos en la etapa de análisis, una vez cubiertos todos los objetivos con el visto bueno del usuario final se procedería a las evaluaciones de usabilidad y de Realidad Extendida.	(Sommerville, 2011), (Kulkarni & Prasad, 2021)
A1_PPT_EU	Evaluación de usabilidad	En esta actividad se debe trabajar en conjunto con el Líder del proyecto y el usuario final para realizar evaluaciones de usabilidad al sistema desarrollado, en caso de no obtener buenos resultados de usabilidad es necesario definir estrategias para mejorar estos resultados y de ser necesario modificar actividades dentro del proceso de desarrollo.	(Sommerville, 2011), (Gulati & Vatanawood, 2019)
A3_PPT_RER	Evaluación de Realidad Extendida	Esta actividad se debe trabajar en conjunto con el Usuario final, programador, Diseñador gráfico y Diseñador 3D para la evaluación del entorno de Realidad Extendida. Se pueden realizar evaluaciones como percepción, salud, satisfacción, estrés etc.	(Sommerville, 2011), (Penelope Sweetser & Wyeth, 2005; Penny Sweetser & Rogalewicz, 2020), (Caggianese et al., 2018), (Vi et al., 2019), (Krajčovič et al., 2021)

Para una mejor identificación del proceso seguido en la etapa producción se pueden observar las figuras 28 y 29.

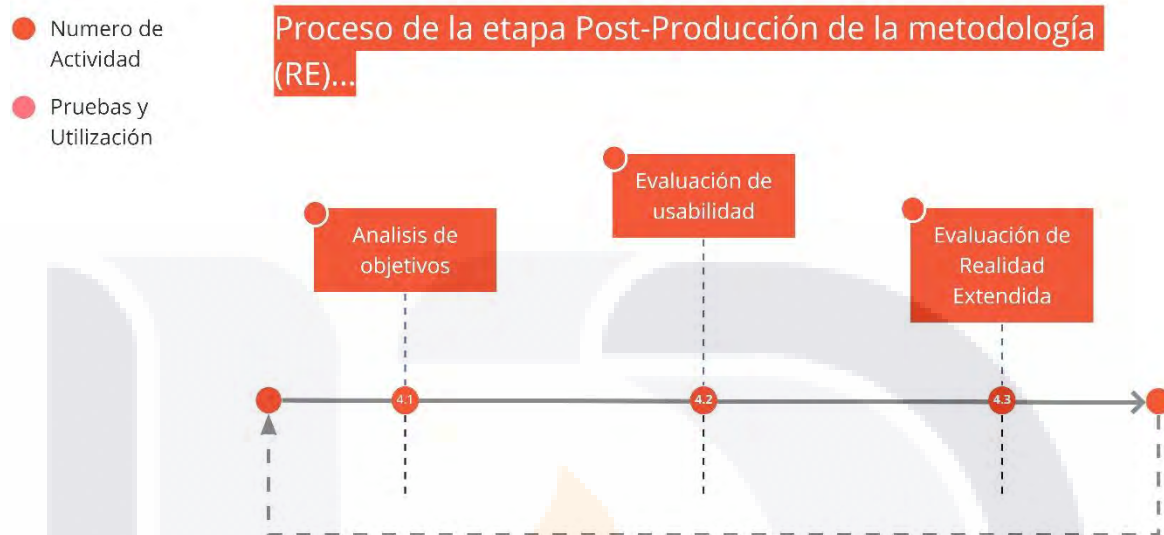


Fig. 28. Proceso de la etapa de Post-Producción opción 1.

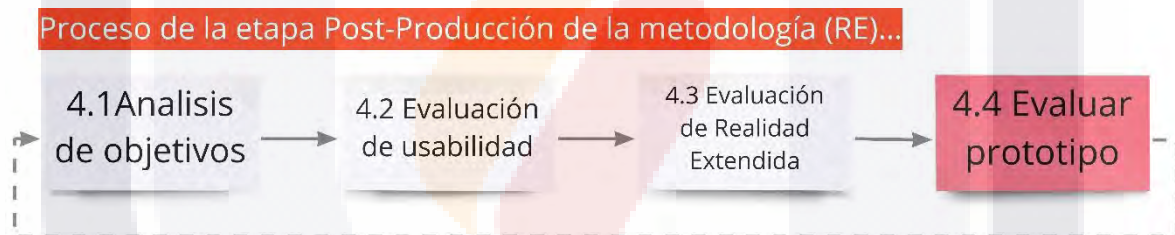


Fig. 29. Proceso de la etapa de Post-Producción opción 2.

En la figura 30 se puede observar más a detalle el objetivo, responsables, técnicas o herramienta, producto e identificador de cada actividad de esta etapa.

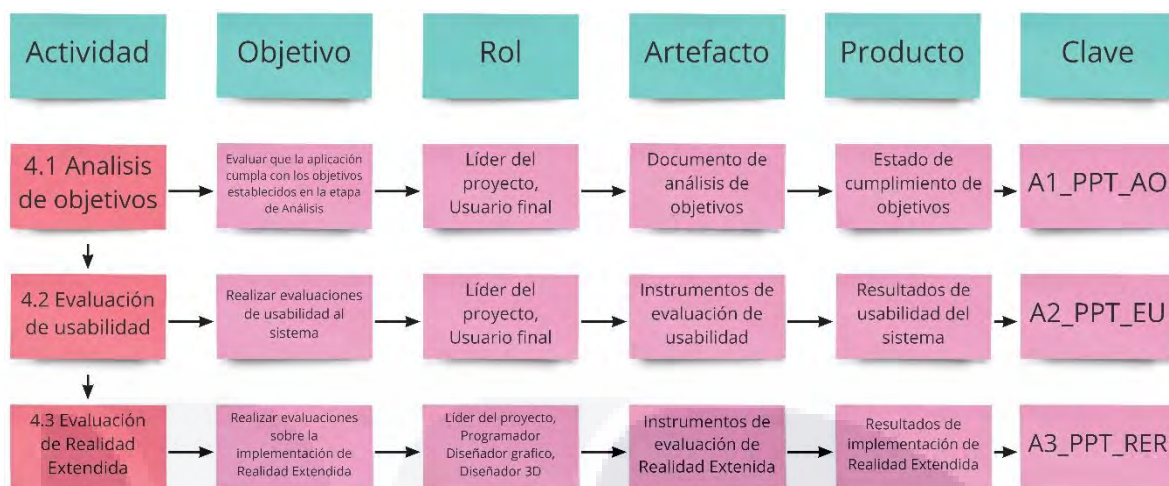


Fig. 30. Actividades de la etapa de Post-Producción detalladas.

Asimismo, se puede observar esta ilustración a modo de tabla (Ver tabla 17).

Tabla 17. Actividades de la etapa de Post-Producción detalladas (Modo tabla).

Actividad	Objetivo	Responsables	Técnica o herramienta	Producto	Clave
4.1 Análisis de objetivos	Evaluar que la aplicación cumple con los objetivos establecidos en la etapa de análisis	Líder del proyecto, Usuario final	Documento de análisis de objetivos	Estado de cumplimiento de los objetivos	A1_PPT_AO
4.2 Evaluación de usabilidad	Realizar evaluaciones de usabilidad al sistema	Líder del proyecto, Usuario final	System Usability Scale	Resultados de usabilidad del sistema	A2_PPT_EU
4.3 Evaluación de Realidad Extendida	Realizar evaluaciones sobre la implementación de Realidad Extendida	Líder del proyecto, Usuario final, diseñador gráfico, diseñador 3D	Instrumentos de evaluación de Realidad Extendida	Resultados de implementación de Realidad Extendida	A3_PTT_RER

5.2 Metodología MEEXUU (Versión 2)

A continuación, se observan los cambios realizados en cada producto en la segunda versión de la metodología MEEXUU. En la etapa de Análisis se realizaron las modificaciones observadas en la tabla 18:

Tabla 18. Modificaciones realizadas en la etapa de Análisis

Nombre Producto en Metodología	Observación	Producto	Mejoras realizadas
Definición de requerimientos	No se tiene alguna identificación del proyecto establecido.	A1_EA_ER_V2 Ver Anexo A.1	Se agregó la sección "Nombre del proyecto" para establecer un identificador único al proyecto (Este

	- No se consideran las características de los usuarios para definir el propósito general, objetivos específicos, Servicios, Restricciones y Requerimientos funcionales y no funcionales. - Se observaron posibles mejoras de redacción.		puede ir cambiando conforme avanza el proyecto) - Se agregó la sección “Características del usuario objetivo” para establecer las características físicas de la persona con la intención de saber sus principales medios de interacción para definir el propósito general, objetivos específicos, Servicios, Restricciones y Requerimientos funcionales y no funcionales. - Se realizaron mejoras de redacción en el documento
Análisis de requerimientos	No se observaron mejoras	A2_EA_AR_V2 Ver Anexo A.2	No se realizaron modificaciones
Especificación de requerimientos	No está clara la necesidad de involucrar al usuario final en la especificación de requerimientos.	A3_EA_ESPR_V2 Ver Anexo A.3	Se estableció la necesidad de involucrar al usuario final en la especificación de requerimientos. Para esto, es necesario que apruebe los requerimientos establecidos.
Identificación de roles	Se observaron mejoras de redacción.	A4_EA_IR_V2 Ver Anexo A.4	Se realizaron mejoras de redacción en el documento
Identificación de herramienta de Realidad Extendida a implementar	No se definieron las recomendaciones de Realidad Extendida para Discapacidad motora, Síndrome de down, Adultos mayores.	A5_EA_IH_V2 Ver Anexo A.5	Se actualizó la tabla de identificación de herramientas de Realidad Extendida para Discapacidad motora, Síndrome de down, Adultos mayores.
Creación de primeros bosquejos gráficos	No está claro como especificar las pautas para Proporcionar diferentes opciones para la percepción, Proporcionar múltiples opciones para el lenguaje y las expresiones, Proporcionar opciones para la comprensión	A6_EA_IG_V2 Ver Anexo A.6	Se agregó una tabla para especificar las pautas que se pretenden realizar para Proporcionar diferentes opciones para la percepción, Proporcionar múltiples opciones para el lenguaje y las expresiones, Proporcionar opciones para la comprensión
Evaluación de requerimientos	No presenta los cambios realizados en los productos anteriores.	A7_EA_EV_V2 Ver Anexo A.7	Se agregó la sección “Nombre del proyecto”, “Características del usuario objetivo” y una tabla para especificar el Numero y Nombre de requerimientos definidos en esta etapa.

Para una mejor implementación del proceso metodológico se hacen uso de artefactos que tienen como objetivo auxiliar al desarrollador en la inclusión de las herramientas de Realidad Extendida, Diseño Universal para el aprendizaje, entre otros. Los artefactos de la etapa de análisis y sus actividades asociadas se pueden visualizar en la tabla 19:

Tabla 19. Lista de artefactos que componen la etapa de Análisis

Actividad	Objetivo	Responsables	Técnica o herramienta	Clave	Actividad asociada
Proporcionar múltiples formas de presentación	Realizar los primeros bosquejos gráficos del proyecto utilizando elementos del Diseño Universal para el Aprendizaje	Líder del proyecto		DUA_01 Ver Anexo E.6	A6_EA_IG

En la etapa de Pre-Producción se realizaron las modificaciones de la tabla 20:

Tabla 20. Modificaciones realizadas en la etapa de Pre-Produccion.

Nombre Producto en Metodología	Observación	Producto	Modificaciones realizadas
Diseño de diagramas de clase	La información sobre diagramas de clase es escasa	A1_EPP_DC_V2 Ver Anexo B.1	Se agregó la recomendación al Libro Sommerville, I. (2005). Ingeniería del software. Pearson educación. Para conocer más sobre los diagramas de clase.
Diseño de estrategias basadas en el DUA para la creación de interfaces graficas	El ejemplo de DUA no es bastante claro	A2_EPP_AD_V2 Ver Anexo B.2	Se agregó un ejemplo de uso del DUA en el ámbito educativo y otro en el ámbito tecnológico para un mejor entendimiento de lo que se busca en esta actividad
Diseño de diagramas de flujo	La información sobre diagramas de clase es escasa	A3_EPP_DF_V2 Ver Anexo B.3	Se agregó la recomendación al Libro Sommerville, I. (2005). Ingeniería del software. Pearson educación. Para conocer más sobre los diagramas de flujo.
Diseño de interfaces estáticas y dinámicas.	No está clara la necesidad de involucrar al usuario en la construcción	A4_EPP_DI_V2 Ver Anexo B.4	Se agregó la siguiente sugerencia: es importante que las interfaces sean aprobadas

	de los diseños realizados		por el usuario final, antes de pasar a la siguiente etapa.
Modelado y construcción de la base de datos	No se observaron modificaciones	A5_EPP_BD_V2 Ver Anexo B.5	No se realizaron modificaciones
Librería de modelos 3D.	No aparece en la estructura metodológica	AP1_EPP_L3D_V2 Ver Anexo B.8	Se actualizó el nombre del producto y se agregaron en la estructura metodológica. .
Diseño y clasificación de los objetos tangibles	No aparece en le estructura metodológica	AP2_EPP_COT_V2 Ver Anexo B.9	Se actualizó el nombre del producto y se agregaron en la estructura metodológica.
Resumen de aplicación	Se observó que era confuso definir para todo el equipo de desarrollo lo que hace la aplicación	A6_EPP_RS_V2 Ver Anexo B.6	- Este nuevo producto tiene como objetivo realizar un resumen escrito de las principales actividades de la aplicación, así como la manera de interactuar de sus diferentes componentes, elementos disponibles del usuario, objetivos dentro de la aplicación y como lograrlo, etc. - Se agregó a la estructura metodológica.
Evaluación de diseños	No presenta los cambios realizados en los productos anteriores.	A7_EPP_EV_V2 Ver Anexo B.7	Se actualizó el documento con información del resumen escrito de las principales actividades de la aplicación.

Para una mejor implementación del proceso metodológico se hacen uso de artefactos que tienen como objetivo auxiliar al desarrollador en la inclusión de las herramientas de Realidad Extendida, Diseño Universal para el aprendizaje, entre otros. Los artefactos de la etapa de Pre-Producción y sus actividades asociadas se pueden visualizar en la tabla 21

Tabla 21. Artefactos de la etapa de Pre-Produccion.

Actividad	Objetivo	Responsables	Técnica o herramienta	Clave	Actividad asociada
Pautas sugeridas según la discapacidad y los principios del Diseño Universal para el aprendizaje (DUA)	Ayudar en la elección de las mejores pautas basadas en el DUA según la discapacidad que presente el usuario objetivo.	Líder del proyecto, Diseñador de interfaces	Observación y selección	DUA_1 Ver Anexo E.7	A4_EPP_DI_V2
Pautas para el diseño de Realidad	Ayudar en la elección de las mejores	Líder del proyecto, Diseñador de interfaces	Observación y selección	ER_1	

Extendida utilizando Head Mounted Display)	pautas para el diseño de Realidad Extendida utilizando los HMD y mejorar la experiencia del usuario.			Ver Anexo E.8
Pautas para el diseño de Interfaces Diegéticas	Ayudar en la elección de las mejores pautas para el diseño de Interfaces Diegéticas utilizando Realidad Extendida y mejorar la experiencia del usuario.	Líder del proyecto, Diseñador de interfaces	Observación y selección	ER_2 Ver Anexo E.9
Elementos de GameFlow para una experiencia de juego agradable	<i>Ayudar en la elección de elementos para mejorar la satisfacción del jugador en los juegos de Realidad Extendida.</i>	Líder del proyecto, Diseñador de interfaces	Observación y selección	GameFlow_1 Ver Anexo E.10

En la etapa de Producción se realizaron las modificaciones de la tabla 22:

Tabla 22. Modificaciones realizadas en la etapa de Producción).

Nombre Producto en Metodología	Observaciones	Producto	Modificaciones realizadas
Elección del entorno de programación	No se especifica el entorno de programación a utilizar y el porqué.	A1_EP_SE_V2 Ver Anexo C.1	Esta nueva actividad tiene como objetivo especificar el entorno de programación seleccionado y justificar el porqué de su elección.
Creación del entorno virtual	- No está claro el objetivo del producto - Es necesaria la aprobación del usuario final	A2_EP_EV_V2 Ver Anexo C.2	- Se actualizó el objetivo del producto quedando de la siguiente manera: "En esta actividad se mostrarán evidencias de la creación de los entornos de la aplicación realizada ya implementados en el entorno de desarrollo deseado". - Los entornos deben de ser aprobados por el usuario final.

Programación de interacción	No es necesaria la aprobación del usuario final en cuestiones de Código	A3_EP_P1_V2 Ver Anexo C.3	Se omitió la aprobación del usuario final ya que se observan bloques de códigos.
Arquitectura del sistema	No es necesaria la aprobación del usuario final en la arquitectura del sistema	A4_EP_AS_V2 Ver Anexo C.4	Se omitió la aprobación del usuario final ya que la arquitectura del sistema es para el área de computación.
Evaluación del prototipo	No se especifica claramente las funcionalidades que se están evaluando.	A5_EP_EP_V2 Ver Anexo C.5	Se agregó una tabla para especificar la funcionalidad a evaluar, el estado de la funcionalidad y las observaciones presentadas.

En la etapa de Post-Producción se realizaron las modificaciones de la tabla 23:

Tabla 23. Modificaciones realizadas en la etapa de Post-Producción.

Nombre Producto en Metodología	Observación	Producto	Modificaciones realizadas
Análisis de objetivos	No se especifican los objetivos a analizar	A1_PTT_AO_V2 Ver Anexo D.1	Se agregó una tabla para especificar el objetivo, estado y observaciones presentadas
Evaluación de Usabilidad	No se observaron modificaciones	A2_PPT_EA_V2 Ver Anexo D.2	No se realizaron modificaciones
Evaluación de Realidad Extendida	No se observaron modificaciones	A3_PTT_RER_V2 Ver Anexo D.3	No se realizaron modificaciones

Para una mejor implementación del proceso metodológico se hacen uso de artefactos que tienen como objetivo auxiliar al desarrollador en la inclusión de las herramientas de Realidad Extendida, Diseño Universal para el aprendizaje, entre otros. Los artefactos de la etapa de Post-Producción y sus actividades se pueden visualizar en la tabla 24:

Tabla 24. Artefactos en la etapa de Post-Producción.

Actividad	Objetivo	Responsables	Técnica o herramienta	Clave	Actividad asociada
Evaluación de satisfacción	Proporcionar un instrumento	Líder del proyecto	Observación y selección	E_Satisfaccion_1 Ver Anexo E.11	A2_PPT_EA_V2

	para evaluar la satisfacción de los usuarios utilizando el producto final.				
Evaluación de estrés	Proporcionar un instrumento para la evaluación del estrés percibido por un usuario	Líder del proyecto	Observación y selección	E_Estres_1 Ver Anexo E.12	Evaluación de Usabilidad
Instrumento para evaluar aspectos técnicos de la herramienta y recoger su opinión sobre el uso de aplicaciones de Realidad Aumentada	Evaluar aspectos técnicos sobre el uso de aplicaciones de Realidad Aumentada basado en la experiencia del usuario.	Líder del proyecto	Observación y selección	E_RA_1 Ver Anexo E.13	A3_PTT_RER_V2
Cuestionario implementado para conocer la Percepción de los estudiantes sobre la aplicabilidad del programa de RV al plan de estudios	Conocer la percepción de distintos sectores sobre aplicaciones de Realidad Virtual	Líder del proyecto	Observación y selección	E_RV_1 Ver Anexo E.14	A3_PTT_RER_V2
Evaluación de usabilidad	<i>Evaluar la usabilidad de los distintos productos generados de Realidad Extendida</i>	Líder del proyecto	Observación y selección	E_SUS_1 Ver Anexo E.15	A2_PPT_EA_V2

5.3 Metodología MEEXUU (Versión 2.1)

La versión 2.1 de la metodología se desarrolló tras identificar que la actividad "Identificación de herramienta de Realidad Extendida a implementar" (ver Anexo A.5) no era suficientemente efectiva para seleccionar adecuadamente la tecnología en función del tipo de usuario.

Esto se debe a que dicha actividad se basaba únicamente en recomendaciones provenientes de artículos de investigación, dejando de lado tanto la experiencia real del usuario final como las opiniones de expertos. Para abordar esta limitación, se creó el "Proceso de selección de Realidad Extendida para un usuario objetivo" (Ver figura 31).

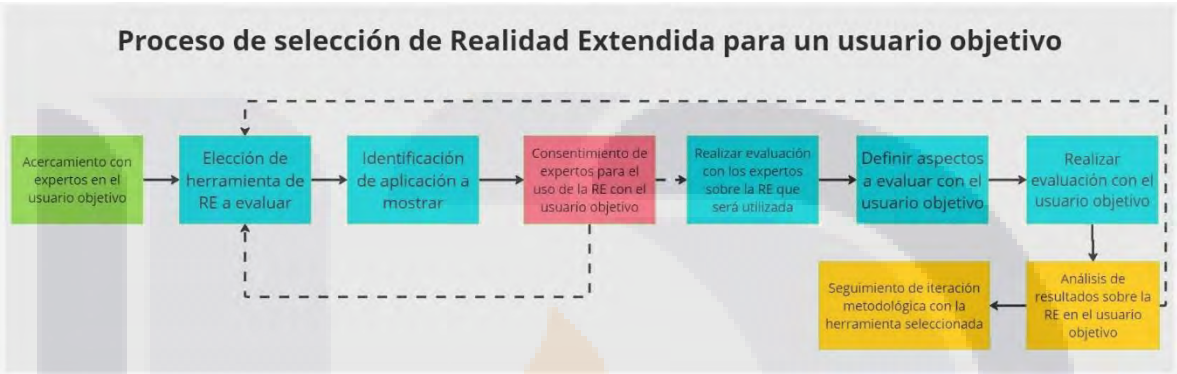


Fig. 31. Nuevo proceso creado.

A continuación, en la tabla 25, se pueden observar los artefactos creados para la elección de la herramienta de Realidad extendida.

Tabla 25. Artefactos dentro del proceso de selección de Realidad extendida para un usuario objetivo.

Actividad	Objetivo	Responsables	Técnica o herramienta	Clave	Actividad asociada
Acercamiento con expertos en el usuario objetivo	Proporcionar información y esclarecer todas las dudas sobre el proyecto que se desea realizar	Líder del proyecto	Entrevista	AR1_EA_IR Ver Anexo E.1	A5_EA_IR
Elección de herramienta de RE a Evaluar	Elegir la herramienta de RE que se desean probar con el usuario objetivo	Líder del proyecto, Experto	Entrevista, Reunión		
Identificación de aplicación a mostrar	Identificar que aplicación se le mostrará al usuario para que interactúe con la	Líder del proyecto, Experto	Entrevista, Reunión		

	Realidad Extendida				
Consentimiento por parte de la asociación	Generar un acuerdo de colaboración para establecer los objetivos de ambas partes	Líder del proyecto, Experto	Carta de colaboración	AR2_EA_IR Ver Anexo E.2	
Evaluación con expertos	Observar la viabilidad de la herramienta de RE de acuerdo con el criterio de los expertos	Líder del proyecto, Experto	Instrumento de evaluación con expertos	AR3_EA_IR Ver Anexo E.3	
Evaluación con el usuario objetivo	<i>Realizar una evaluación con el usuario objetivo e identificar su la herramienta de RE es viable o no</i>	Líder del proyecto, Experto	Instrumento de evaluación con usuarios	AR4_EA_IR Ver Anexo E.4	
Análisis de resultados	Verificar si la herramienta de realidad extendida es apropiada para trabajar con el usuario objetivo	Líder del proyecto, Experto	Hoja de datos e interpretación de resultados (Evaluaciones)	AR5_EA_IR Ver Anexo E.5	
Proporcionar múltiples formas de presentación	Realizar los primeros bosquejos gráficos del proyecto utilizando elementos del Diseño Universal para el Aprendizaje	Líder del proyecto		DUA_01 Ver Anexo E.6	A6_EA_IG

5.4 Metodología MEEXUU (Versión 3)

La versión 3 incluye una herramienta desarrollada durante la estancia de investigación internacional en la Universidad de La Laguna. Su objetivo es orientar el desarrollo de aplicaciones más inclusivas, basándose en nuevos paradigmas

como el DIX. Para obtener más detalles sobre esta herramienta, consulte la sección 8.

5.5 Diseño del logotipo de la metodología

Una de las últimas actividades desarrolladas en esta investigación fue el diseño de un logotipo que proporcionara identidad visual a la metodología y facilitara su reconocimiento. Como resultado, se creó el siguiente logotipo, compuesto por las siglas MEEXUU, acompañadas de las definiciones de los principales componentes de la metodología: MEthodology, EXtended Reality, Universal Design for Learning, y User-Centered Design. Asimismo, se incorporaron elementos visuales que representan al usuario interactuando con tecnologías de realidad extendida (RE).



Fig. 32. Logotipo generado para identificar a la metodología.

5.6 Comparación de versiones MEEXUU

Como se ha observado en las secciones anteriores durante el transcurso de esta investigación se desarrollaron 3 versiones de la metodología MEEXUU, cada una de ellas con cambios significativos, a continuación, en la tabla 26 se mencionan las principales diferencias y aportaciones de cada una de ellas.

Tabla 26. Comparación de versiones de la metodología MEEXUU.

Version de metodología MEEXUU	Descripción	Comentarios
Version 1	La primera versión de la metodología se desarrolló a partir de la revisión sistemática de la literatura (ver sección 3.1). Esta versión representa la fase más inicial y limitada de la metodología, ya que sus actividades y artefactos fueron seleccionados principalmente en función de los artículos científicos identificados durante la revisión sistemática. No	Su estructura está basada principalmente en la revisión sistemática, por lo que fue la versión más general.

	obstante, esta versión sentó las bases para la creación de una metodología más sólida y completa. A partir de esta propuesta inicial, se llevaron a cabo las iteraciones 1 y 2, que permitieron refinar y mejorar el enfoque metodológico (Ver sección 5.1) .	
Version 2	Una vez que la metodología fue implementada y evaluada a través de tres iteraciones, se identificó la necesidad de introducir modificaciones en su estructura. En esta nueva versión, se realizaron cambios en algunas actividades y se incorporaron nuevos artefactos para optimizar su funcionamiento. Asimismo, se mejoró la redacción de las instrucciones, ya que se observó que estas no eran lo suficientemente claras para los usuarios que seguían las actividades propuestas. Estos ajustes contribuyeron a una mayor claridad y eficacia en la aplicación de la metodología. (Ver sección 5.2) .	Era necesario que se probara con más iteraciones
Version 2.1	La versión 2.1 de la metodología surgió como resultado de una mejora significativa en su proceso. Dada la relevancia de seleccionar herramientas de realidad extendida (RE) que se adapten a las características del usuario final, se identificó que basarse únicamente en artículos científicos para esta selección no era lo más apropiado. Por ello, en esta versión se introdujo un proceso de selección de realidad extendida, estructurado en varias etapas que incorporan tanto las opiniones de expertos como las necesidades y preferencias del usuario final. Además, este proceso incluye pruebas prácticas con los productos, con el fin de garantizar que la tecnología seleccionada sea la más adecuada y efectiva para los objetivos planteados. (Ver sección 5.3) .	Este proceso ayudó a una mejor elección de las herramientas de RE para futuros proyectos
Version 3	La versión 3, considerada la versión final de la metodología, incorpora un instrumento denominado MEEXUU Toolkit. Este toolkit fue desarrollado durante una estancia de investigación internacional y tiene como objetivo principal mejorar los productos creados al integrar enfoques de diseño inclusivo y actualizados. Su implementación busca garantizar que las soluciones desarrolladas sean accesibles, funcionales y alineadas con las mejores prácticas en diseño centrado en el usuario. (Ver sección 5.4) .	El toolkit fue probado con expertos obteniendo resultados satisfactorios.

6 EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA

CAPITULO 6

6 EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA

En esta sección se describe el proceso experimental de ingeniería de software llevado a cabo para evaluar la propuesta metodológica MEEXUU.

Lo que con mucho trabajo se obtiene,

Más de ama

Aristóteles

Para evaluar la propuesta metodológica MEEXUU, se llevó a cabo un proceso experimental en ingeniería de software (IS). Este proceso tiene como objetivo identificar las causas de ciertos resultados. Al aplicar la experimentación a la IS, se facilita la identificación y comprensión de diversos aspectos y conexiones involucradas en el desarrollo y mantenimiento de productos de software.

Esta identificación de aspectos y conexiones permite validar o refutar, con evidencia, las creencias y prácticas en las que se basa el desarrollo y mantenimiento de productos de software (Gómez et al., 2019). Para llevar a cabo este proceso, se siguieron las etapas propuestas por Gómez et al. (2013), que incluyen Definición, Diseño, Ejecución y Análisis (ver figura 32).

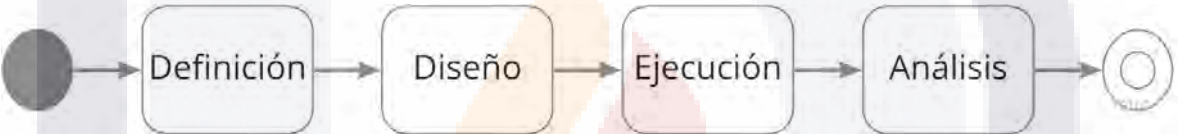


Fig. 33. Proceso propuesto por Gomez et al 2013.

La evaluación fue un proceso iterativo que se actualizó progresivamente a medida que se obtenían los productos derivados de la implementación de la metodología. Cabe destacar que las iteraciones consideradas para esta evaluación se limitaron exclusivamente a aquellas realizadas por alumnos externos que no habían tenido ningún contacto previo con la propuesta.

Este enfoque permitió recopilar impresiones más auténticas y objetivas sobre la utilidad de la metodología, así como sobre las actividades desarrolladas. En la Tabla 27 se detallan los productos generados y los individuos que participaron en la elaboración de cada uno de ellos.

Tabla 27. Productos resultantes y sus participantes.

Producto	Individuos	Iteración	Versión metodología	Sección
Aplicación tangible para la enseñanza de conocimiento espacial (Sonidos de animales) para personas ciegas	4	1	1	Ver sección 7.1

Aplicación para la enseñanza de la divisa mexicana en personas ciegas	2	2	1	Ver sección 7.2
Street Simulator	5	3	1	Ver sección 7.3, 7.4
Street Simulator 2.0		4	2	
Aplicación para la enseñanza de sumas y restas de fracciones en personas ciegas	2	5	2	Ver sección 7.5
RELIF	5	6	2	Ver sección 7.6

A continuación, se describe cada etapa y como se implementó para la evaluación de la propuesta metodológica de este trabajo de investigación.

6.1 Definición

Esta etapa consiste en especificar de manera general los aspectos principales del experimento a realizar así como definir las hipótesis del trabajo (Gómez et al., 2019). El objetivo establecido es evaluar la propuesta metodológica MEEXUU e identificar sus mejores y peores características dentro del proceso de ingeniería de software.

Las hipótesis definidas para esta experimentación son las siguientes:

- Las características generales de la metodología MEEXUU obtendrán puntuaciones altas por parte de los evaluadores.
- El Diseño Centrado en el Usuario será una característica con una puntuación alta.

6.2 Diseño

Una vez que se definió el experimento y las hipótesis de trabajo, la siguiente etapa consiste en diseñar cómo se lleva a cabo el experimento (Gómez et al., 2019). Para evaluar la propuesta metodológica e identificar sus mejores y peores características dentro del proceso de ingeniería de software se siguió la propuesta de evaluación de metodologías de software realizada por Méndez y Garrido (2006) que consiste en:

- Identificar las variables en la evaluación de metodologías a ser utilizadas en el desarrollo de software (Ponderación de variables a evaluar)
- Crear la encuesta considerando las variables de evaluación
- Diseñar la matriz de evaluación (Evaluación de la propuesta metodológica).

En la figura 33 se puede observar el proceso de evaluación diseñado para este experimento el cual lleva por nombre Proceso Experimental para evaluar metodologías de ingeniería de software.

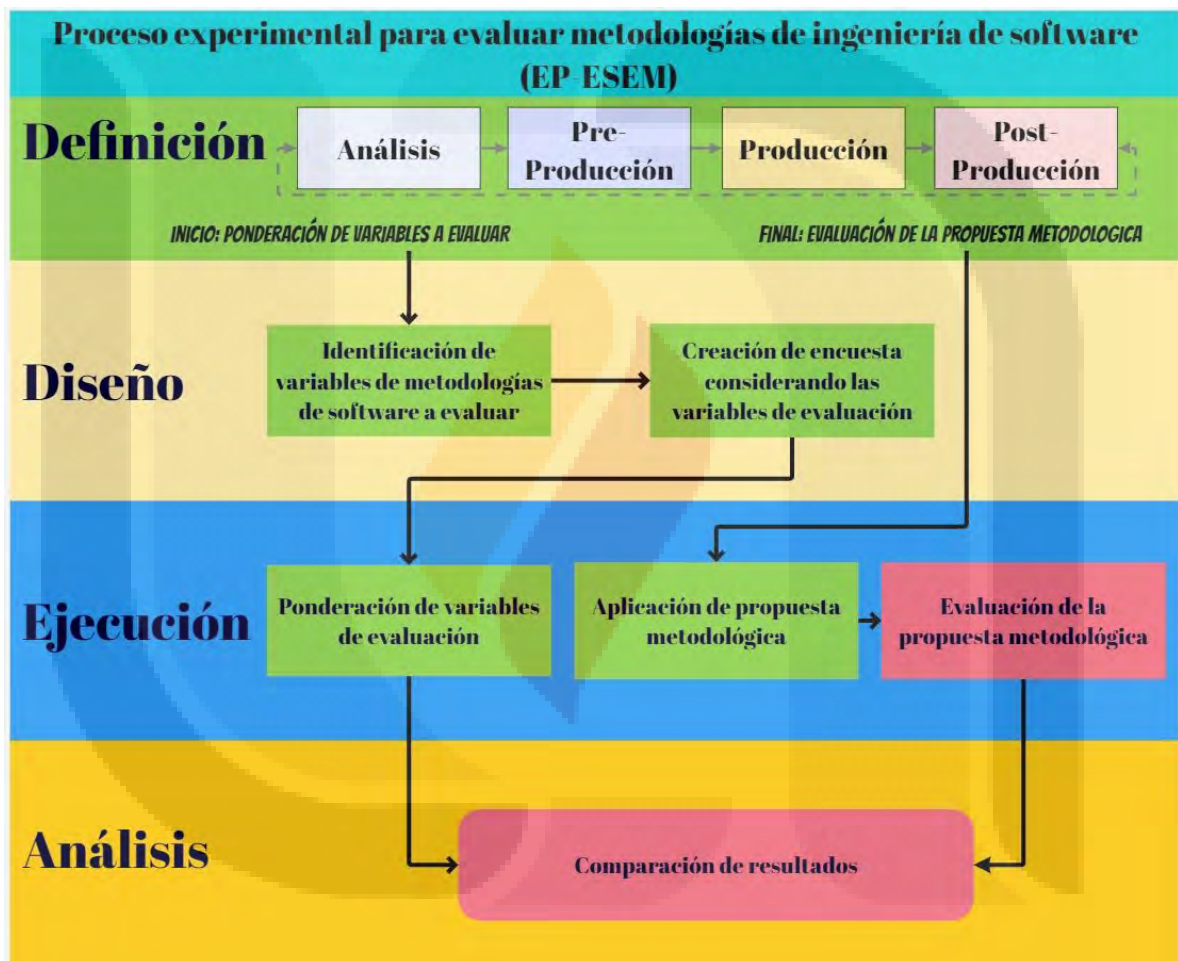


Fig. 34. Proceso de evaluación diseñado considerando el proceso experimental.

6.3 Ejecución

En esta etapa se lleva a cabo el experimento, el sitio donde se realizará el experimento, así como los materiales y equipos a utilizar deben estar configurados y listos para su uso durante el experimento (Gómez et al., 2019). El experimento consistió en cinco etapas, Identificación de variables de metodologías de software a

evaluar, Creación de encuesta considerando las variables de evaluación, Ponderación de variables de evaluación, Aplicación de propuesta metodológica y Evaluación de la propuesta metodológica.

6.3.1 Identificación de variables de metodologías de software a evaluar

La primera etapa consistió en identificar las variables que se evaluarían en la metodología de software, para esto se utilizaron las variables propuestas por Rafael Menéndez – Barzanalla Asensio quienes definieron trece requisitos deseables para construir o elegir una metodología, a continuación, se describen cada uno de esos requisitos deseables:

1. La metodología debe ajustarse a los objetivos: Cada enfoque en el desarrollo de software se fundamenta en objetivos específicos. Por lo tanto, la metodología seleccionada debe reflejar la filosofía del enfoque deseado, asegurando que los objetivos generales del desarrollo estén integrados en dicha metodología.
2. La metodología debe cubrir en ciclo entero de desarrollo de software: La metodología debe llevar a cabo varias etapas: investigación, análisis de requerimientos, diseño y evaluación.
3. La metodología debe integrar las distintas fases del ciclo de desarrollo: Es fundamental tener la capacidad de conectar diferentes fases de un proyecto y vincularlas con las etapas anteriores. Además, es esencial poder avanzar y retroceder dentro del ciclo de vida, lo que permite revisar el trabajo realizado y realizar ajustes cuando sea necesario. Debe existir una interacción fluida entre las distintas etapas del desarrollo, así como una validación formal de cada fase antes de proceder a la siguiente. La pérdida de información en una etapa específica puede ser irreversible y afectar directamente al sistema final.
4. Es esencial que la metodología contemple la ejecución de validaciones. Es fundamental identificar y corregir los errores lo antes posible. Uno de los problemas más comunes y costosos es posponer la detección y corrección de errores hasta las etapas finales del proyecto. Cuanto más tarde se

descubra un error, más costoso será solucionarlo. Por lo tanto, cada fase del proceso de desarrollo de software debe incorporar una actividad de validación específica.

5. La metodología debe permitir evaluar la precisión del sistema a lo largo del ciclo de desarrollo. La precisión del sistema abarca varios aspectos, como la concordancia entre el sistema y sus especificaciones, y el cumplimiento de las necesidades del usuario. Por ejemplo, los métodos utilizados para el análisis y la especificación del sistema deben ayudar a resolver los problemas de comunicación entre los informáticos, los usuarios y otras partes involucradas. Esto requiere una comunicación amigable y sencilla entre el usuario y el técnico, sin complicaciones técnicas.
6. La metodología debe fundamentar una comunicación efectiva. Es necesario poder gestionar a los informáticos y que estos puedan colaborar entre sí. Debe existir una comunicación clara entre analistas, programadores, usuarios y gestores, con pasos bien definidos para lograr avances visibles durante el desarrollo.
7. La metodología debe operar en un entorno dinámico centrado en el usuario. Durante todo el ciclo de vida del desarrollo, es crucial transferir conocimientos al usuario. El éxito radica en que todas las partes involucradas deben intercambiar información de manera libre. La participación del usuario es esencial, ya que sus necesidades cambian constantemente. Además, el conocimiento adquirido por el usuario le permitirá tomar decisiones acertadas. Para involucrar al usuario en el análisis, diseño y gestión de datos, es recomendable utilizar técnicas estructuradas y sencillas. Para ello, es fundamental contar con una buena técnica de diagramación.
8. La metodología debe definir claramente los responsables de los resultados. Es necesario especificar quiénes son los participantes en cada tarea a realizar y detallar de manera precisa los resultados de los que serán responsables.
9. La metodología debe ser aplicable a una amplia gama de proyectos de software. Una empresa debe adoptar una metodología que sea útil para

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

numerosos sistemas que planea desarrollar. Por esta razón, no es práctico utilizar varias metodologías en una misma empresa. Tamaño y duración. Las metodologías deben ser capaces de manejar sistemas de diferentes tamaños y duraciones. Complejidad. La metodología debe ser adecuada para sistemas de diversa complejidad, ya sea que abarquen un departamento, varios departamentos o múltiples empresas. Entorno. La metodología debe ser efectiva independientemente de la tecnología disponible en la empresa.

10. La metodología debe ser enseñable. Incluso en una organización simple, muchas personas la utilizarán, incluyendo aquellos que se unan posteriormente a la empresa. Cada individuo debe comprender las técnicas específicas de la metodología, los procedimientos organizativos y de gestión que la hacen efectiva, las herramientas automatizadas que la respaldan y las motivaciones subyacentes.

11. La metodología debe estar respaldada por herramientas CASE. Estas herramientas automatizadas deben mejorar la productividad tanto del ingeniero de software individual como del desarrollo en general. Su uso reduce la cantidad de personas necesarias y la sobrecarga de comunicación, además de ayudar a generar especificaciones y diseños con menos errores, más fáciles de probar, modificar y utilizar.

12. La metodología debe ser capaz de adaptarse a la evolución del sistema. A lo largo de su vida útil, los sistemas suelen tener múltiples versiones, pudiendo durar más de diez años. Existen herramientas CASE para la gestión de la configuración y otras conocidas como "Ingeniería inversa" que ayudan en el mantenimiento de sistemas no estructurados, permitiendo organizar sus componentes y facilitando así su mantenimiento.

13. La metodología debe incluir actividades que mejoren el proceso de desarrollo de software. Para lograr mejoras, es fundamental contar con datos numéricos que demuestren la efectividad del proceso aplicado a cualquier producto de software resultante. Para obtener estos datos, la metodología debe incorporar un conjunto de mediciones del proceso para identificar la calidad y el coste asociado a cada etapa. El uso de herramientas CASE sería ideal.

6.3.2 Creación de encuesta considerando las variables de evaluación

Una vez identificadas las variables de las metodologías de software que serían evaluadas, se diseñó una encuesta dirigida a los participantes de la evaluación. Esta encuesta permitió a los participantes indicar el grado de importancia que asignaban a cada una de las características propuestas, utilizando la siguiente escala de Likert: 1 = Totalmente en desacuerdo, 2 = En desacuerdo, 3 = Neutral/Indeciso, 4 = De acuerdo, 5 = Totalmente de acuerdo. El instrumento utilizado para esta evaluación se presenta en la Figura 34.

Evaluación de características de una metodología

Objetivo: Ordenar o priorizar según su grado de importancia cada una de las características que debe cubrir una metodología de software.

Instrucciones: Selecciona el grado de importancia que tu consideras merece cada una de las siguientes características dentro de una metodología de software siguiendo la siguiente escala:

- Totalmente en desacuerdo
- Desacuerdo
- Indeciso/Neutral
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

Objetivos que debe cumplir una metodología	Grado de importancia				
	1	2	3	4	5
1. La metodología debe ajustarse a los objetivos					X
2. La metodología debe cubrir el ciclo entero de desarrollo de software					X
3. La metodología debe integrar las distintas fases del ciclo de desarrollo			X		
4. La metodología debe incluir la realización de validaciones				X	
5. La metodología debe soportar la determinación de exactitud del sistema a través del ciclo de desarrollo					X
6. La metodología debe ser la base de una comunicación efectiva					X
7. La metodología debe funcionar en un entorno dinámico orientado en el usuario					X
8. La metodología debe especificar claramente los responsables de resultados					X
9. La metodología debe poder emplearse en un entorno amplio de proyectos de software					X
10. La metodología se debe de poder enseñar					X
11. La metodología debe estar soportada por herramientas CASE				X	
12. La metodología debe soportar la eventual evolución del sistema.					X
13. La metodología debe contener actividades conducentes a mejorar el proceso de desarrollo de software.					x

*En caso de tener duda con alguna característica en la siguiente hoja se encuentran sus descripciones.

Fig. 35. Instrumento utilizado para la evaluación de las características de una metodología de software.

6.3.3 Ponderación de variables de evaluación

Logrando identificar las variables de evaluación se creó la encuesta y se realizó una ponderación de cada una de las variables, estas ponderaciones se aplican habitualmente en las encuestas para compensar la falta de respuesta y de cobertura y para que las estimaciones de la muestra ponderada se ajusten a los valores experimentales (Kalton & Flores-Cervantes, 2003).

Para ponderar cada una de las variables de evaluación se agregó un peso en específico de manera que se pudiera obtener los resultados donde 5 era el 100%, 4 el 80%, 3 el 60%, 2 el 40%, y el 1 el 10%. Una vez ponderados los resultados el objetivo es priorizar u ordenar las variables de evaluación en función de la importancia que los distintos involucrados en la evaluación de la metodología le dan a cada una de ellas.

Para la obtención de los resultados se aplicó la encuesta realizada con anterioridad a los involucrados en el proceso de evaluación quienes le asignaron un grado de importancia a cada variable de evaluación, posteriormente, se creó una hoja de Excel que permite ir agregando los resultados de las encuestas, de manera que se puedan ir obteniendo los resultados de forma automática con las respectivas ponderaciones para cada una de las variables (Ver figura 35).

Requisito	Puntuación obtenida					Ponderación					Total
	1	2	3	4	5	0.1	0.2	0.6	0.8	1	
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
La metodología debe ajustarse a los objetivos			1	3	12	0.000	0.000	0.063	0.188	0.750	0.938
La metodología debe cubrir el ciclo entero de desarrollo de software	0				16	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000
La metodología debe integrar las distintas fases del ciclo de desarrollo			3	2	11	0.000	0.000	0.188	0.125	0.688	0.900
La metodología debe incluir la realización de validaciones		1	2	5	8	0.000	0.063	0.125	0.313	0.500	0.838
La metodología debe soportar la determinación de la exactitud del sistema a través del ciclo de desarrollo	0			8	8	0.000	0.000	0.000	0.500	0.500	0.900
La metodología debe ser la base de una comunicación efectiva		1	1	2	12	0.000	0.063	0.063	0.125	0.750	0.900
La metodología debe funcionar en un entorno dinámico orientado al usuario				3	13	0.000	0.000	0.000	0.188	0.813	0.963
La metodología debe especificar claramente los responsables de resultados			1	2	13	0.000	0.000	0.063	0.125	0.813	0.950
La metodología debe poder emplearse en un entorno amplio de proyectos de software				3	13	0.000	0.000	0.000	0.188	0.813	0.963
La metodología se debe de poder enseñar			4	3	9	0.000	0.000	0.250	0.188	0.563	0.863
La metodología debe estar soportada por herramientas CASE			1	6	9	0.000	0.000	0.063	0.375	0.563	0.900
La metodología debe soportar la eventual evolución del sistema			1	3	12	0.000	0.000	0.063	0.188	0.750	0.938
La metodología debe contener actividades conducentes a mejorar el proceso de desarrollo de software				4	12	0.000	0.000	0.000	0.250	0.750	0.950

Fig. 36. Cálculo de las ponderaciones de las variables.

Esta tabla se puede visualizar en forma de grafica (Ver figura 36).

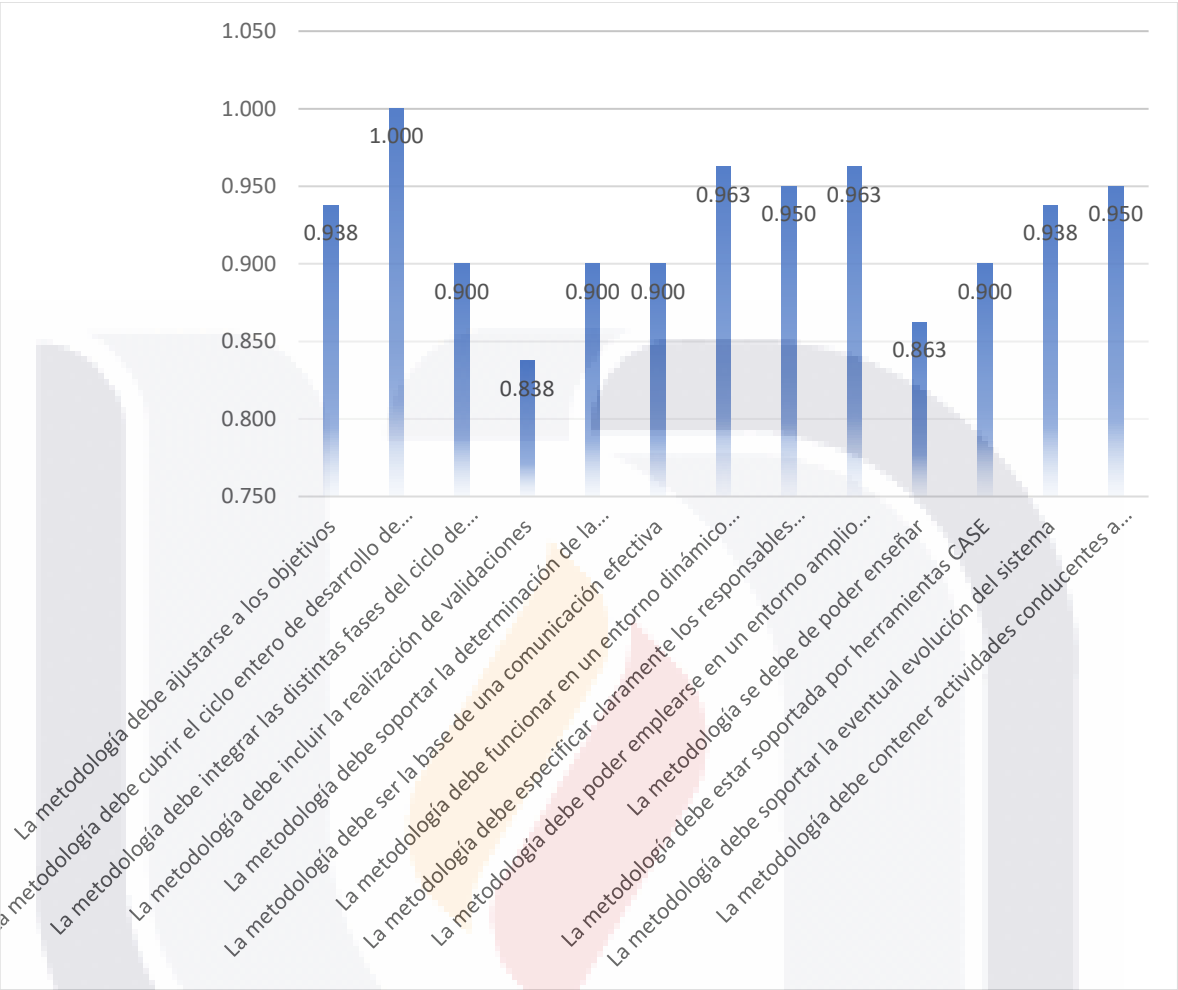


Fig. 37. Ponderaciones obtenidas para cada una de las características a evaluar.

6.3.4 Aplicación de propuesta metodológica

Para poder realizar la evaluación metodológica, esta se implementó en la construcción de aplicaciones de Realidad Extendida por parte de personas externas a la Universidad Autónoma de Aguascalientes, quienes realizaron distintas aplicaciones que se pueden observar en la sección 7 de Resultados y Discusión.

6.3.5 Evaluación de la propuesta metodológica

Una vez que implementaron la propuesta metodológica se les aplicó un instrumento de evaluación para analizar los factores de éxito de la metodología (Ver figura 37).

Evaluación de la propuesta metodológica

Objetivo: Evaluar cada una de las características de la propuesta metodológica utilizada en el verano 2022.

Instrucciones: Asigna una ponderación a cada característica evaluando la metodología utilizada en el verano de investigación 2022 siguiendo la siguiente escala.

1. Debilidad grave
2. Debilidad menor
3. Fortaleza menor
4. Fortaleza importante

Característica	Ponderación			
	1	2	3	4
1. La metodología debe ajustarse a los objetivos				
2. La metodología debe cubrir el ciclo entero de desarrollo de software				
3. La metodología debe integrar las distintas fases del ciclo de desarrollo				
4. La metodología debe incluir la realización de validaciones				
5. La metodología debe soportar la determinación de exactitud del sistema a través del ciclo de desarrollo				
6. La metodología debe ser la base de una comunicación efectiva				
7. La metodología debe funcionar en un entorno dinámico orientado en el usuario				
8. La metodología debe especificar claramente los responsables de resultados				
9. La metodología debe poder emplearse en un entorno amplio de proyectos de software				
10. La metodología se debe de poder enseñar				
11. La metodología debe estar soportada por herramientas CASE				
12. La metodología debe soportar la eventual evolución del sistema.				
13. La metodología debe contener actividades conducentes a mejorar el proceso de desarrollo de software.				

*En caso de tener duda con algún factor de éxito en la siguiente hoja se encuentran sus descripciones.

Fig. 38. Instrumento utilizado para la evaluación de la propuesta metodológica.

6.4 Análisis

Una vez ejecutado el experimento, se procedió a procesar y analizar las mediciones recolectadas. Como resultado de estas ponderaciones se lograron identificar los cinco factores de éxito con mayor importancia para el equipo de desarrollo (Ver figura 38).

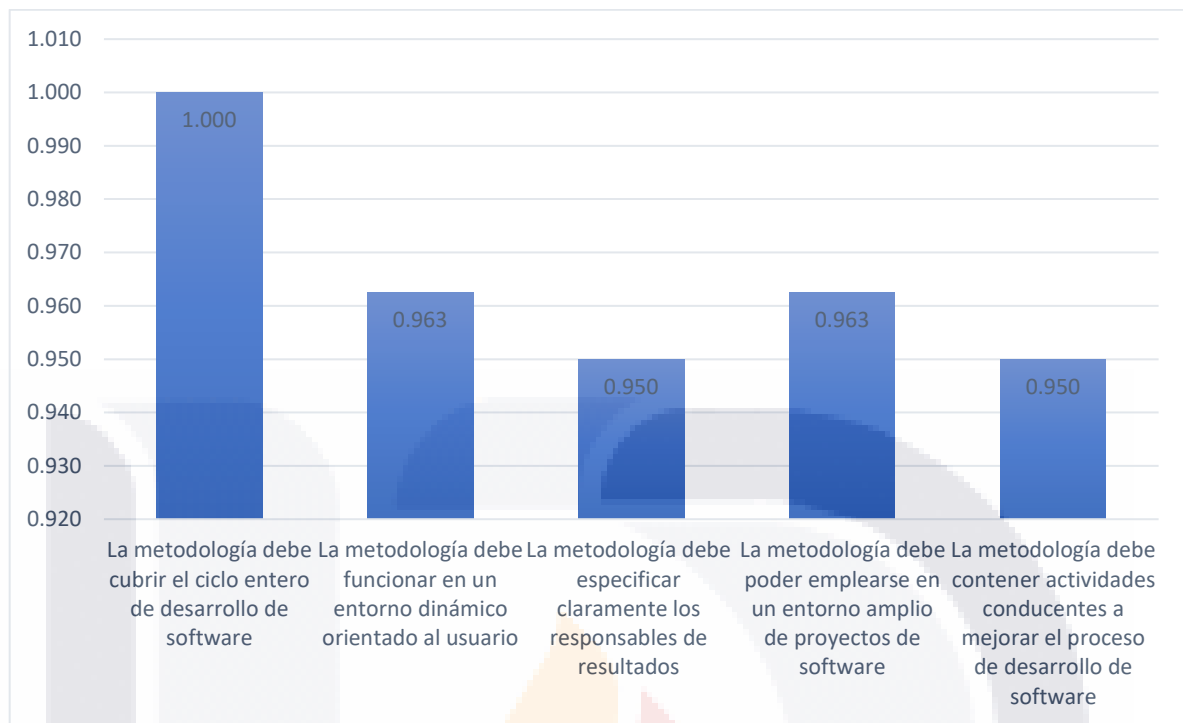


Fig. 39. Características de una metodología de software de mayor importancia.

Nota: Las puntuaciones de esta grafica van de 0.970 a 1.000 por lo que la diferencia entre los factores de éxito no es tan grande.

El análisis reveló que los desarrolladores priorizaron como característica fundamental de una metodología de software su capacidad para abarcar integralmente el ciclo completo de desarrollo (valoración máxima: 1.00). Adicionalmente, se identificaron otros atributos altamente valorados:

- Adaptabilidad a entornos dinámicos con enfoque en el usuario (0.963).
- Definición explícita de responsables asociados a los resultados (0.950).
- Escalabilidad para su aplicación en diversos proyectos de software (0.963).
- Inclusión de actividades orientadas a optimizar el proceso de desarrollo (0.950).

Estos resultados reflejan una preferencia clara por metodologías completas, flexibles y estructuradas, que no solo guíen las etapas técnicas, sino que también integren aspectos organizativos y de mejora continua.

Por otro lado, también se identificaron las características de menor importancia (Ver figura 39).

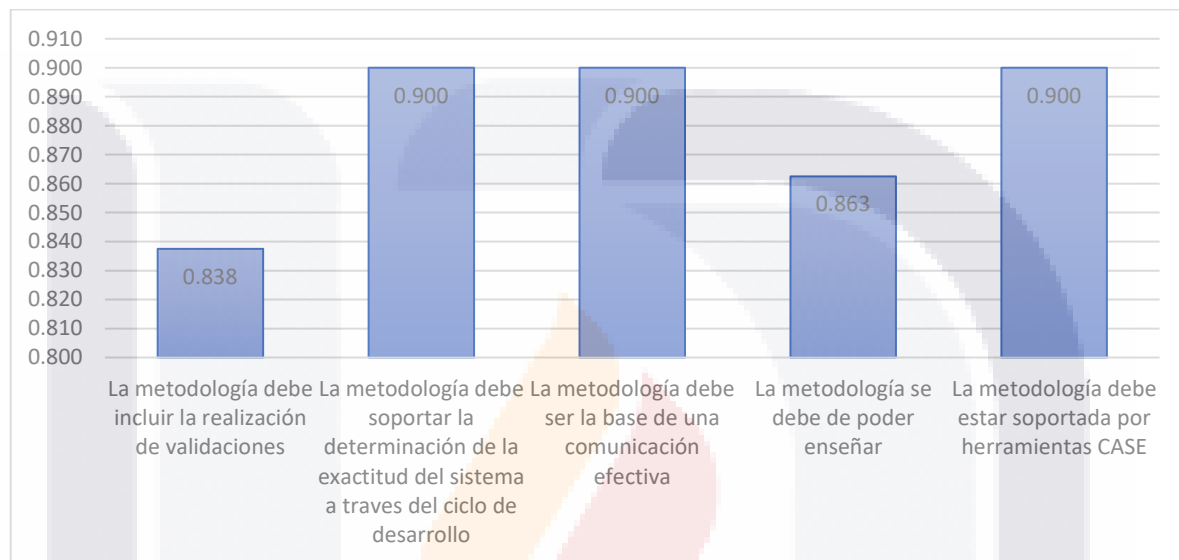


Fig. 40. Características de una metodología de software de menor importancia.

Nota: Las puntuaciones de esta grafica van de 0.077 a 0.087 por lo que la diferencia entre los factores de éxito no es tan grande.

El análisis evidenció que el equipo de desarrollo asignó una menor prioridad a los siguientes aspectos metodológicos:

- La incorporación de mecanismos para determinar la exactitud del sistema durante el ciclo de desarrollo (valoración: 0.900).
- La integración de herramientas CASE (Computer-Aided Software Engineering) como soporte integral (valoración: 0.900).
- Asimismo, otras características recibieron puntuaciones comparativamente bajas:
- La necesidad de incluir validaciones sistemáticas en el proceso (0.838).
- La capacidad de la metodología para ser enseñada de manera estructurada (0.863).

Estos resultados sugieren que, para el equipo, estos elementos son secundarios en la conformación de una metodología de desarrollo de software eficaz.

Una vez aplicadas las encuestas se obtuvo la siguiente matriz de evaluación (Ver figura 40).

Factores clave de éxito	Ponderación	Evaluador 1		Evaluador 2		Evaluador 3		Evaluador 4		Evaluador 5	
		Puntuación	Resultado	Puntuación	Resultado	Puntuación	Resultado	Puntuación	Resultado	Puntuación	Resultado
La metodología debe ajustarse a los objetivos	0.938	4	3.750	4	3.750	4	3.750	4	3.750	4	3.750
La metodología debe cubrir el ciclo entero de desarrollo de software	1.000	4	4.000	4	4.000	4	4.000	3	3.000	4	4.000
La metodología debe integrar las distintas fases del ciclo de desarrollo	0.900	4	3.600	4	3.600	4	3.600	4	3.600	4	3.600
La metodología debe incluir la realización de validaciones	0.838	4	3.350	3	2.513	4	3.350	4	3.350	4	3.350
La metodología debe soportar la determinación de exactitud del sistema a través del ciclo de desarrollo	0.900	3	2.700	3	2.700	3	2.700	4	3.600	3	2.700
La metodología debe ser la base de una comunicación efectiva	0.900	3	2.700	4	3.600	4	3.600	4	3.600	3	2.700
La metodología debe funcionar en un entorno dinámico orientado en el usuario	0.963	4	3.850	4	3.850	4	3.850	3	2.888	4	3.850
La metodología debe especificar claramente los responsables de resultados	0.950	4	3.800	3	2.850	4	3.800	2	1.900	4	3.800
La metodología debe poder emplearse en un entorno amplio de proyectos de software	0.963	4	3.850	3	2.888	4	3.850	4	3.850	4	3.850
La metodología se debe de poder enseñar	0.863	4	3.450	4	3.450	4	3.450	4	3.450	4	3.450
La metodología debe estar soportada por herramientas CASE	0.900	4	3.600	4	3.600	4	3.600	3	2.700	4	3.600
La metodología debe soportar la eventual evolución del sistema	0.938	3	2.813	4	3.750	4	3.750	4	3.750	4	3.750
La metodología debe contener actividades conducentes a mejorar el proceso de desarrollo de software.	0.950	4	3.800	4	3.800	4	3.800	4	3.800	4	3.800

Fig. 41. Matriz de evaluación con los resultados obtenidos.

En esta matriz de evaluación se obtuvieron los promedios de las características con mayor y menor importancia de la metodología MEEXUU (Ver figura 41).

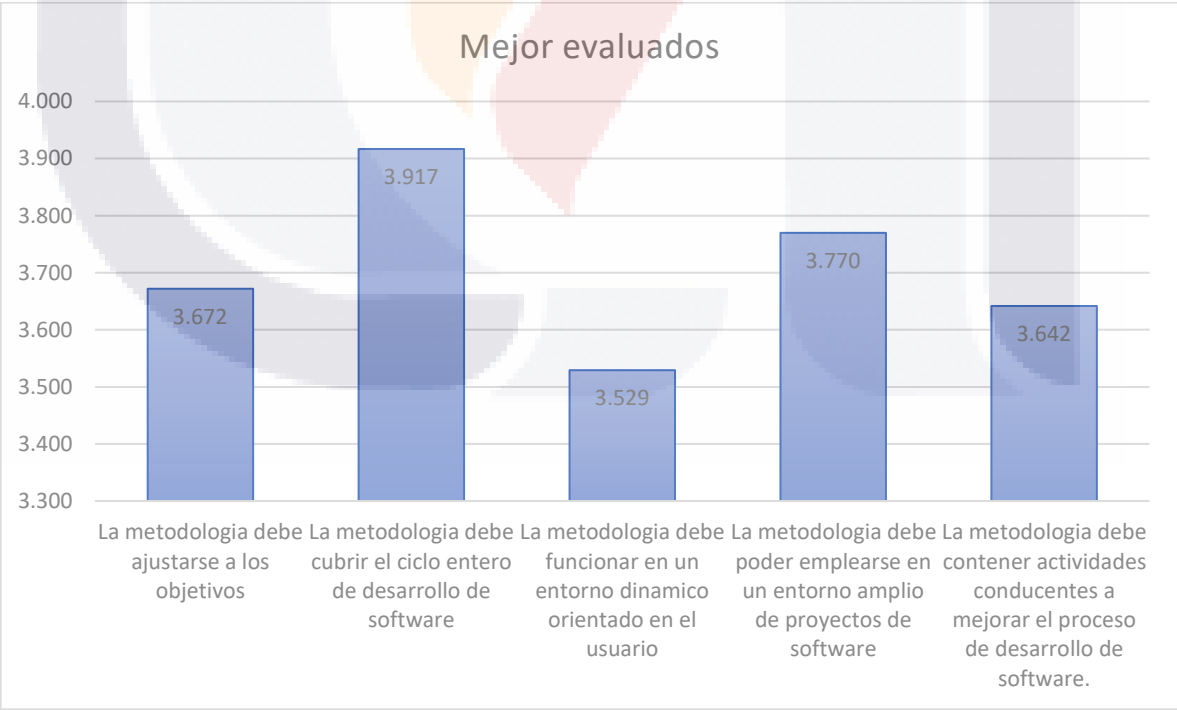


Fig. 42. Características de mayor importancia de la metodología MEXUU(Promedios).

Nota: Las puntuaciones de esta grafica van de 0.325 a 0.375 por lo que la diferencia entre ellos no es tan grande.

Los resultados evidencian que las características mejor valoradas de la metodología MEEXUU son:

- Cobertura integral del ciclo completo de desarrollo de software (puntuación: 3.917).
- Versatilidad para aplicarse en una amplia gama de proyectos de software (3.770).
- Alineación estratégica con los objetivos establecidos (3.672).
- Inclusión de actividades orientadas a optimizar el proceso de desarrollo (3.642).
- Adaptabilidad a entornos dinámicos centrados en el usuario (3.529).

De este modo, la metodología satisface tres de los cinco criterios prioritarios definidos en la fase inicial de evaluación (ver Figura 42), destacando su solidez en aspectos estructurales, escalabilidad y enfoque en la mejora continua.

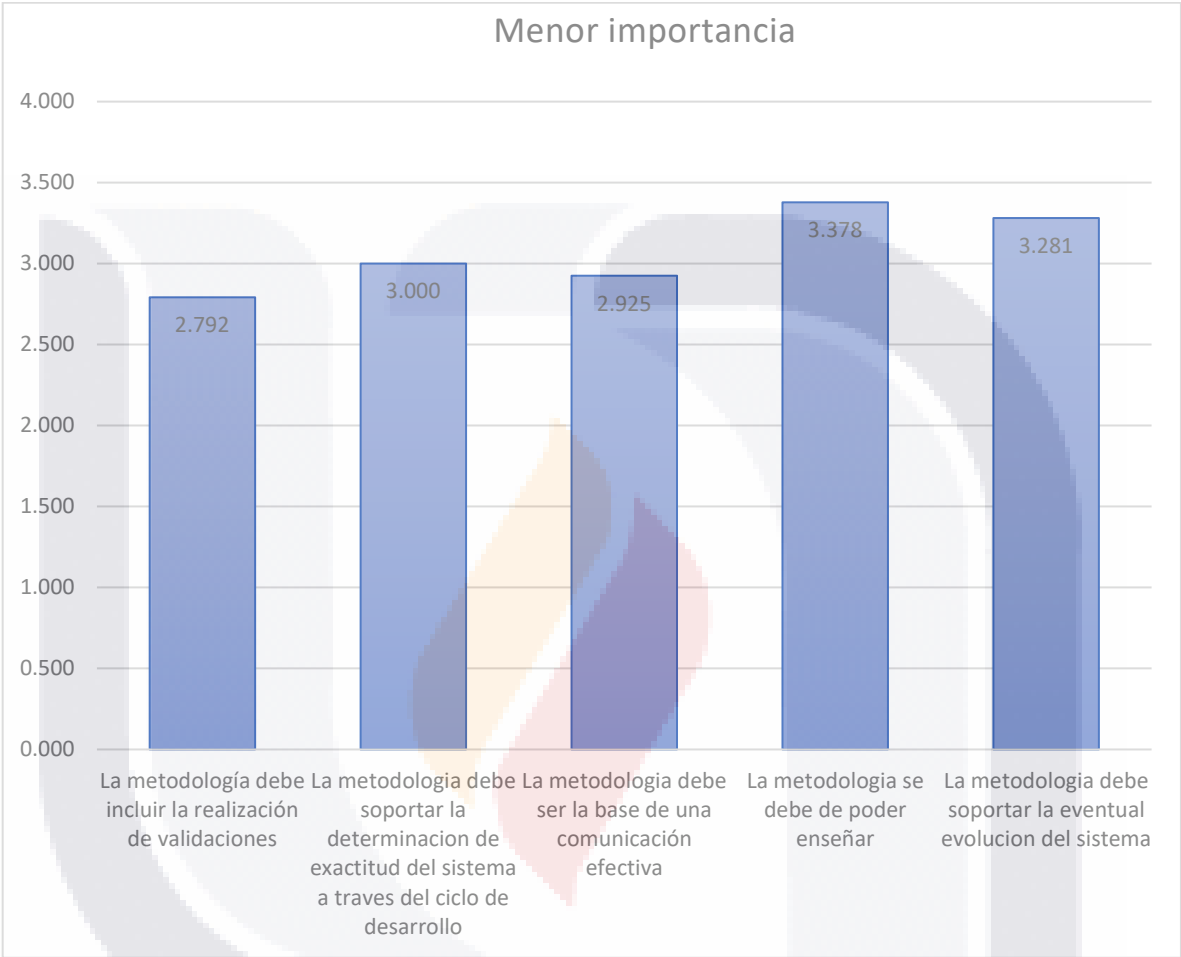


Fig. 43. Características de menor importancia de la metodología MEXUU(Promedios).

Nota: Las puntuaciones de esta grafica van de 0.250 a 0.330 por lo que la diferencia entre ellos no es tan grande.

El análisis identificó las siguientes características de la metodología MEEUU con menor relevancia según la evaluación realizada:

- Soporte a la eventual evolución del sistema (puntuación: 3.281).

- Determinación de la exactitud del sistema a lo largo del ciclo de desarrollo (3.000).
- Capacidad de ser enseñada de manera estructurada (3.378).
- Inclusión de validaciones sistemáticas en el proceso (2.729).
- Funcionalidad como base para una comunicación efectiva entre (2.925).

Estos resultados indican que aspectos como la escalabilidad futura, la verificación técnica continua y la didáctica metodológica son percibidos como secundarios o menos críticos en la implementación de MEEXUU, en contraste con otras prioridades establecidas en el estudio.

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPITULO 7

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a lo largo de las iteraciones realizadas utilizando la metodología MEEXUU. Además, se discuten las contribuciones específicas de cada proyecto.

**Antes que cualquier otra cosa,
la preparación es la llave del éxito**

Alexander Graham Bell

7.1. Versión 1 – Iteración 1 - Caso de estudio 1 “Enseñanza de conocimiento espacial a través del sonido de animales para personas ciegas”

Las personas no videntes se enfrentan a una serie de retos a la hora de realizar actividades de la vida cotidiana, como leer las etiquetas de un producto,

identificar los billetes, explorar espacios desconocidos, identificar la apariencia de un objeto de interés, interactuar con artefactos digitales, manejar la interfaz de usuario de un smartphone y seleccionar elementos no visuales en una pantalla (Khan & Khusro, 2021).

Por esta razón, para mejorar su interacción con las actividades antes mencionadas en esta iteración se propuso un juego para la enseñanza de conocimiento espacial en personas no videntes utilizando interfaces tangibles siguiendo los principios del DUA enriquecida por elementos de gamificación para incentivar la absorción de aprendizaje y mejorar los conocimientos de orientación en el espacio, asimismo, es importante mencionar que las interfaces del juego fueron construidas para todo tipo de personas, sin embargo, las características del DUA e Interfaces tangibles las hacen accesibles para las personas no videntes.

El juego propuesto consta de dos actividades principales la primera actividad tiene como objetivo la identificación de distintos sonidos relacionados a animales (Vaca, Perro, Gato, Ganso, Gallo) con los que el usuario no vidente podría enfrentarse en su entorno, por otro lado, la segunda actividad pretende mejorar su sentido de orientación proporcionándole direcciones que debe memorizar con las señales de arriba, abajo, izquierda y derecha. Por otra parte, para mejorar la identificación de los elementos de gamificación por parte de las personas no videntes se agregaron sonidos representativos para que sean fáciles de recordar, además, se proporciona información de aquellos accesos en los que está sobrepuesto el objeto tangible.

A continuación, se muestran las interfaces realizadas y una descripción sus elementos: En la pantalla principal se pueden observar las opciones de Juego de animales, Juego de aventura, configuración (para ajustar volumen y brillo), avatar (personalización) y logros (incentivar a la colección). Para acceder a los niveles primero es necesario seleccionar el juego que se desea jugar, posteriormente, aparece la pantalla de niveles otorgando acceso solo a aquellos niveles desbloqueados hasta ese momento.



Fig. 44. Escena principal, selección de niveles y elección del avatar

El juego inicia una vez seleccionado el nivel de la opción que se desea jugar, en el juego de animales se reproduce un sonido referente a un animal, posteriormente, la persona no vidente a través de los objetos tangibles debe seleccionar el animal al que hace referencia ese sonido y colocarlo sobre la interfaz tangible, por otro lado, en el juego de aventura se le da una instrucción para llegar a un objetivo el cual debe de replicar a través de objetos tangibles que representan diferentes direcciones



Fig. 45. Interfaces de los juegos de animales y aventura

Posteriormente cuando se realiza cualquiera de las dos actividades el juego proporciona retroalimentación de la actividad a través de audio, en caso de ser satisfactoria se proporcionan estrellas según su rendimiento, en caso contrario se incita a seguir intentando.



Fig. 46. Retroalimentación recibida una vez realizada la actividad.

Finalmente, la interfaz tangible se compone por una cámara a 1080p, iluminación led y una base construida principalmente de madera, para la detección de los distintos objetos tangibles se utilizó ReactiVision un sistema Open Source que se conecta a unity3D proporcionando la posición e identificación de cada objeto

sobre la mesa. Gracias al uso de esta tecnología los incitamos a aprovechar su sentido del tacto para una mejor interacción y entendimiento de los distintos animales u direcciones que componen al videojuego.

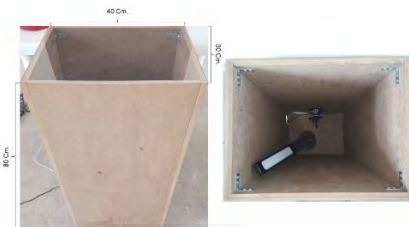


Fig. 47. Interfaz tangible utilizada para el uso de la aplicación.

7.2. Versión 1 – Iteración 2 - Caso de estudio 2 “Aplicación para la enseñanza de la divisa mexicana en personas ciegas”

Las personas ciegas se enfrentan cada día a una serie de retos visuales día, desde leer la etiqueta de una cena congelada, averiguar si están en la parada de autobús correcta, incluso identificar si están pagando con la moneda correcta (Brady et al., 2013). Por esto último, a la hora de fabricar diferentes formas de monedas y billetes es importante tener en cuenta el hecho de que hay personas que tienen una discapacidad visual, pero aun así necesitan entender los diferentes valores de los billetes que existen (Kyrychok, 2019).

Considerando la importancia del conocimiento de las divisas, en la segunda iteración se propuso un videojuego para la enseñanza de estas el cual lleva por nombre “Aprendiendo con Pesos” cuyo objetivo es la enseñanza de la divisa mexicana utilizando interfaces tangibles, mecánicas de gamificación y el DUA.

El juego se compone de dos secciones principales: la primera sección tiene como objetivo mostrar información descriptiva de las distintas monedas/billetes de la divisa mexicana, para ello, el usuario coloca en la interfaz tangible un objeto que tiene adherido una moneda, posteriormente, la aplicación lo reconoce y proporciona información a través de audio sobre sus características físicas y el monto que representa para que la persona ciega logré identificarla más fácilmente (Ver figura 47).



Fig. 48. Interfaz principal de la aplicación "aprendiendo con pesos".

La segunda sección consta de una serie de problemas matemáticos (sumas y restas) que hacen alusión a posibles eventos que la persona ciega podría enfrentarse en el mundo real, con esto se busca que mejore su fluides al momento de identificar las divisas mexicanas (Ver figura. 48).



Fig. 49. Interfaz gráfica de logros obtenidos.

Los retos están orientados a la superación de diferentes actividades de forma puntual, animando al usuario a conseguir el mayor número de retos posibles; la tabla 28 muestra algunos retos establecidos.

Tabla 28. Retos implementados en el juego "Aprendiendo en pesos".

Retos	Descripción
Identifica la moneda de 50c.	Identifica la moneda de 50c dentro de la sección de jugar
Responde correctamente (suma)	Responde correctamente a un problema de sumas
Responde correctamente (resta)	Responde correctamente a un problema de restas
Usa múltiples divisas	Utiliza múltiples divisas para responder

Asimismo, se crearon misiones que se desbloquean completando diferentes retos; la tabla 29 muestra algunas misiones establecidas.

Tabla 29. Misiones implementadas en el juego “Aprendiendo en pesos”.

Misión	Descripción
Identifica todas las divisas	Identifica todas las divisas dentro en la sección de fichas
Logra tres niveles	Concluye de manera satisfactoria tres niveles dentro de la aplicación
Completa todos los niveles	El usuario completa todos los niveles dentro de la aplicación
Responde utilizando más de tres divisas	El usuario responde una actividad utilizando más de tres divisas de manera correcta

Con esta aplicación se demostró el uso de elementos de gamificación para personas ciegas a través de distintas mecánicas como niveles, retos, misiones y recompensas, para cada uno de ellos se proporcionó un sonido representativo facilitando su identificación por la persona ciega, además, con el uso de la interfaz tangible se facilitó la manipulación de las distintas divisas, de esta manera lograron interactuar con ellas e ir identificando las características que menciona la aplicación para su fácil reconocimiento a través de sus manos, finalmente con el DUA presentamos múltiples medios de representación como audio, texto, imágenes para llegar a más usuarios. Como paso final, se registró la aplicación ante el Instituto Nacional de Derechos de Autor, obteniendo un resultado favorable. Para consultar el registro, diríjase al anexo G.2.

7.2.1. Evaluación de usabilidad

Se realizó una evaluación de usabilidad para medir la satisfacción de las personas ciegas al utilizar la aplicación. El instrumento utilizado fue el System Usability Scale (SUS) (Brooke, 1996) que cuenta con diez declaraciones relacionadas al uso del sistema donde los usuarios deben indicar en una escala del 0 al 5 si están totalmente en desacuerdo y totalmente de acuerdo en cada una de las declaraciones.

Se reclutaron a tres personas con ceguera de entre 30 y 45 años pertenecientes al Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de las Familias, Aguascalientes (DIF), esta cantidad corresponde al mínimo establecido por Nielsen para una evaluación de usabilidad ya que no se obtiene mucha información adicional utilizando un número mayor (Nielsen, 1995).

Al iniciar la actividad utilizaron la aplicación con asistencia de una persona quien les indicaba donde colocar los objetos tangibles, posteriormente, ellos la utilizaron de manera independiente, ya pasado un tiempo se les aplicó el instrumento antes mencionado (Ver figura 42).



Fig. 50. Persona ciega escuchando retroalimentación del sistema.

Como resultados se obtuvo una media de 91.7 un resultado superior a los 68 que indica el SUS para considerar que el nivel de satisfacción es aceptable. En la tabla 30 pueden observar la edad y los resultados obtenidos por cada participante.

Tabla 30. Resultados de satisfacción por participante.

Participante	Edad	SUS score
1	31 años	100
2	45 años	90
3	44 años	85
Media	40 años	91.7

7.3. Versión 1 – Iteración 3 – Caso de estudio 3 “Aplicación para la rehabilitación del comportamiento y desenvolvimiento de tránsito para personas con trastorno de espectro autista - Street Simulator”

Los niños con trastornos del espectro autista (TEA) experimentan dificultades en las habilidades sociales y pueden encontrar la comprensión de las señales no verbales y los comportamientos sociales de otras personas un reto (Autism Society of America, 2021). Sin embargo, si se les da suficiente atención y terapia, pueden superar sus síntomas. Varias personas notables como Albert Einstein (científico), Bobby Fischer (Gran Maestro de Ajedrez) han tenido TEA y éxito en sus vidas (Goswami et al., 2021).

Por otra parte, en los niños con TEA encontramos una ausencia en la adquisición de nociones de espacio y tiempo por lo que pueden someterse a experiencias donde se pone en riesgo su seguridad física como caminar por los bordes en alturas o cruzar las calles sin precaución (Cuevas Aguirre, 2019).

Con el objetivo de proporcionar una propuesta de rehabilitación para ayudar a los niños con TEA a desenvolverse mejor en el entorno que los rodea en esta tercera iteración se creó “Street Simulator” un videojuego de RV con mecánicas de gamificación en el cual siguen instrucciones proporcionadas por avatares para llegar a un destino en particular (simulando el mundo real).

El juego se compone por una pantalla principal con las opciones de iniciar el juego, modificar opciones y salir (ver figura. 50). Una vez iniciado el juego se muestra una historia para que el niño con TEA conozca el destino al que debe dirigirse.



Fig. 51. Interfaz inicial del videojuego "Street Simulator".

Ya dentro del entorno las instrucciones se proporcionan a través de audio y texto con esto se pretende ofrecer diferentes medios de representación para acceder a la información. En el entorno virtual es posible encontrarse con distintos avatares que representan a policías quienes dan instrucciones para llegar al objetivo establecido cuando el usuario se acerca a ellos (ver figura 51).



Fig. 52. Avatar dentro del entorno virtual proporcionando una instrucción.

Para completar la actividad el niño con TEA tiene un tiempo establecido de tres minutos, en caso de no llegar al destino indicado en ese tiempo se reinicia la actividad. Otras restricciones dentro del entorno es que no puede cruzar las calles al menos que se encuentre en una esquina, en caso se hacer caso omiso a esto se le lanza una advertencia indicándole que eso está prohibido.

Una vez que el niño con TEA logra llegar a su objetivo se le da una retroalimentación visual y auditiva conforme a su desempeño, en caso de no llegar al sitio establecido se le incita a seguir intentando (Ver figura 52).



Fig. 53. Estrellas otorgadas cuando logra llegar al destino.

Para este videojuego se establecieron retos y misiones con el objetivo de incentivar al niño con TEA a completarlas y seguir interactuando con el entorno virtual. Algunos retos establecidos se encuentran en la tabla 31.

Tabla 31. Retos implementados en el juego “Street Simulator”.

Retos	Descripción
Recibe información de un policía.	Acércate a un policía y recibe información auditiva y textual
Llega al destino establecido	Llega al destino establecido siguiendo las instrucciones.
Llega a la hamburguesa gigante	Acércate a la hamburguesa gigante, cada vez más cerca de tu destino

Llega al destino en el tiempo definido	Logra llegar al destino en el tiempo definido
---	---

Asimismo, se crearon misiones que se desbloquean completando diferentes retos; la tabla 32 muestra algunas misiones establecidas.

Tabla 32. Misiones implementadas en el juego Street Simulator.

Misión	Descripción
Conoce a los policías	Acércate a todos los policías dentro del entorno
Cruza las esquinas	Cruza de manera correcta todas las esquinas en el entorno virtual
Visita lugares específicos	Acércate a la hamburguesa gigante y al puesto de hotdogs

Con la aplicación “Street Simulator” se demuestra el uso de gamificación para personas con autismo y sus ventajas para incentivar el aprendizaje y utilización de entornos virtuales, el uso de retos, misiones y recompensas (estrellas según su rendimiento) hace más interactivo el entorno facilitando su función principal el cual es que el niño con TEA logre desenvolverse mejor en el entorno que los rodea.

El uso del DUA se observa en los medios de representación utilizados como el audio y texto. Se eligieron estos medios ya que algunos niños con TEA son capaces de leer, sin embargo, para aquellos que no lo sean pueden recibir las instrucciones a través de audio.

Como paso final, se registró la aplicación ante el Instituto Nacional de Derechos de Autor, obteniendo un resultado favorable. Para consultar el registro, diríjase al anexo G.2.

7.3.1. Primera evaluación de una aplicación de realidad virtual

La evaluación “Street Simulator” se realizó con una persona diagnosticada con TEA desde los 4 años con un coeficiente intelectual mayor al del promedio (Ver figura 53), asimismo, se realizó un seguimiento de sus acciones dentro del entorno virtual a través de una computadora.



Fig. 54. Niño con TEA interactuando con la aplicación.

Es importante mencionar que, antes de esta evaluación, la persona no había experimentado el uso de realidad virtual (RV), lo que provocó que se mostrara desconcertada y desorientada en su primera experiencia con la aplicación. El resultado de su primer intento fue fallido, ya que agotó el tiempo de partida sin seguir las indicaciones proporcionadas por los avatares. Sin embargo, este primer intento permitió observar que el individuo desarrolló una habilidad de control dentro del entorno virtual bastante aceptable, considerando que era su primera experiencia con la RV. En la segunda prueba, la persona cumplió exitosamente la misión y demostró una habilidad de orientación desarrollada, ya que no necesitó interactuar con los avatares para llegar al punto establecido. Esta primera evaluación sirvió como un acercamiento a los niños con autismo. Aunque solo se pudo probar en un solo individuo, fue muy útil para aprender cómo tratarlos en futuras intervenciones.

7.4. Versión 2 – Iteración 4 – Caso de estudio 3 “Aplicación para la rehabilitación del comportamiento y desenvolvimiento de tránsito para personas con trastorno de espectro autista - Street Simulator 2.0”

Con la intención de mejorar la propuesta metodológica se realizó una nueva iteración en el caso de estudio 2 aplicando la versión 2 de la metodología, a esta nueva versión se le llamo “Street Simulator 2.0”. Lo primero fue identificar las posibles áreas de mejora de la aplicación para posteriormente proponer una mejor solución siguiendo la etapa de pre-producción y producción, se decidió iniciar desde estas etapas ya que se consideró que el análisis del caso de estudio 2 no requería cambios.

Las mejoras identificadas se muestran a continuación:

- La pantalla de inicio presenta un diseño plano el cual no aprovecha las características de la realidad virtual, para mejorar esto se propone un entorno 3D que sea más familiar e intuitivo para el niño con autismo.
- Integrar nuevas actividades dentro de la ciudad las cuales vayan creciendo en dificultad con la intención de mejorar el aprendizaje del niño con autismo.
- Agregar elementos que sirvan de guía para llegar a la ubicación correcta
- Agregar niveles según la dificultad de la actividad.
- Modificar los diálogos más acordes a las características de los niños con TEA
- Las recompensas se muestran en una escena completamente diferente a la escena principal, por esto, se sugiere agregarlos a la escena principal y que sean parte de la interacción dentro de juego.

Tabla 33. Aplicación de la versión 2 de la metodología.

Nombre Producto en Metodología	Observación	Modificaciones realizadas
Diseño de diagramas de clase	• No se requirió modificar el diagrama de flujo.	• No se realizaron modificaciones
Diseño de estrategias basadas en el DUA para la creación de interfaces graficas	• Las estrategias para aplicar el DUA no están del todo claras.	• Se planearon nuevas estrategias para la aplicación del DUA considerando: - o Múltiples formas de presentación - o Múltiples formas de expresión - o Múltiples formas de implicación
Diseño de diagramas de flujo	• El diagrama de flujo tiene inconsistencias con lo presentado en la versión 1 del caso de estudio 2.	• Se modificó el diagrama de flujo con base en las nuevas características a implementar.
Diseño de interfaces estáticas y dinámicas.	• Las interfaces son planas y no aprovechan del todo el entorno virtual.	• Se actualizaron las interfaces graficas haciéndolas parte del entorno virtual.
Modelado y construcción de la base de datos	• No se requirió actualizar el modelado de la base de datos.	• No se realizaron modificaciones
Librería de modelos 3D.	• No se requirió actualizar los modelos 3D.	• No se realizaron modificaciones
Resumen de aplicación	• Esta actividad no era parte de la versión 1 de la metodología.	• Se realizó un resumen de la aplicación y todas las interacciones que hay dentro de ella.
Evaluación de diseños	• La evaluación de los diseños no está clara	• Se evaluaron los diseños con base en la experiencia de la persona con autismo que utilizó la primera versión del caso de estudio.

Como resultado de estas modificaciones se realizaron los siguientes cambios para mejorar el caso de estudio 2.

7.4.1 Mejora de diálogos de acuerdo con el usuario

La construcción de los diálogos fue basada en las características que deben tener las instrucciones para niños con TEA, por ejemplo, que estas sean cortas, consistentes, en un lenguaje propositivo y constantes. A continuación, se describen estas características dadas por Bustos & Jaramillo (2012):.

La instrucción es una de las herramientas más importantes y su objetivo principal es poner las conductas del niño bajo un control "instruccional" (asegurar que el niño siempre obedezca). Al decidir qué instrucción se utilizará en la programación de la habilidad "x", se deben considerar los siguientes aspectos:

- **Brevedad:** Las instrucciones deben ser cortas y fáciles de entender, especialmente para los niños con autismo. Se recomienda usar entre 1 y 3 palabras como máximo.
- **Uso de mímica y gestos:** El cuerpo es una gran fuente de comunicación visual que ayuda a transmitir instrucciones a los niños. En las etapas iniciales, es importante hacer gestos exagerados (como si el niño estuviera lejos) para captar su atención.
- **Lenguaje positivo:** Dado que la palabra "NO" se utiliza en la terapia, es mejor evitar su uso tanto como sea posible. Es preferible enseñar en lugar de limitar. Practicar frases positivas en la vida diaria ayuda a establecer esta costumbre.
- **Consistencia:** La instrucción debe ser siempre la misma (a menos que se haya programado de otra manera) para que el niño adquiera la habilidad. Por ejemplo, si la instrucción es "ven aquí", no debe cambiarse por "ven acá", "vente" o "ven". Una vez que el niño domine, discrimine y generalice la instrucción, se le puede enseñar a responder a diferentes formas.
- **Constancia:** Las instrucciones deben ser las mismas que se utilizan en casa. Un error común es que el terapeuta intente imponer sus frases al niño y obligue a los padres a cambiar su forma de hablar. A menos que se demuestre que perjudica al niño, lo más recomendable es que el terapeuta se adapte al entorno del niño y su familia.

Considerando lo anterior, los diálogos para este caso de estudio quedaron como se observan en la tabla 34.

Tabla 34. Diálogos aplicados.

Agente	Instrucción - Diálogo
Explicación general 1	Hola, el objetivo de este entorno es seguir instrucciones para llegar a puntos específicos dentro de un mundo virtual. Para esto, harás uso de los controles OCULUS el mando derecho es para girar y el mando izquierdo para moverte.
Explicación general 2 (Dentro del juego).	Explora el mundo, puedes moverte cuando veas al policía acércate te proporcionara misiones para llegar a distintos puntos dentro de la ciudad.
Policía 1	Misión 1 - Hola, tu primera misión es llegar a la hamburguesa gigante, gira a la izquierda y camina derecho hasta encontrarte a mi compañero, él te dará más indicaciones. - Ve con mi compañero que se encuentra a la izquierda, recuerda que solo puedes cruzar las calles por las líneas peatonales. ¡Muy bien lo has logrado!
Policía 2	Misión 1 ¡Ya estás cerca! Tienes que continuar derecho hasta encontrar la hamburguesa gigante. - Continúa derecho, recuerda que solo puedes cruzar las calles por las líneas peatonales. ¡Muy bien lo has logrado!
Persona 1	Misión 2 - Has llegado a la hamburguesa. tu siguiente misión es ir a la parada de autobuses, regresa y cruza por las líneas peatonales para que el policía te de instrucciones de cómo llegar. - Habla con el policía para recibir más instrucciones, cruza las líneas peatonales. ¡Muy bien lo has logrado!
Policía 3	Misión 2 - Hola para llegar a la parada ve con mi compañero a tu derecha, él te dará más instrucciones. ¡Muy bien hecho!
Policía 4	Misión 2 - Hola ve con mi compañero a tu izquierda, él te ayudará para llegar a la parada. ¡Muy bien hecho!
Policía 5	Misión 2 - Hola si quieres ir a la parada sigue adelante. ¡Muy bien hecho! Misión 3 - La gasolinera esta justo en frente mío ¡Muy bien hecho! Misión 4 - Para completar tu siguiente misión ve al jardín que está detrás de mí. ¡Muy bien hecho!
Policía 6	Misión 2 - A mi derecha se encuentra la parada por si quieres ir para allá ¡Muy bien hecho! Misión 3 - Para llegar a la gasolinera cruza las líneas peatonales que están en frente de mí. ¡Muy bien hecho!
Policía 7	Misión 2 - Estas muy cerca de la parada de autobuses, sigue derecho. ¡Muy bien hecho! Misión 3 - Si vas a la gasolinera sigue derecho ¡Muy bien hecho!
Persona 2	Misión 3

	• ¡Muy bien hecho! Tu siguiente misión regresar a la gasolinera que pasaste hace rato, así que regresa por donde viniste. • Tú puedes, ve a la gasolinera camina hacia mi izquierda. • ¡Muy bien lo has logrado!
Policía 8	Misión 4 • Si vas al jardín sigue derecho. • ¡Muy bien hecho!
Policía 9	Misión 4 • Hola ve a mi izquierda para llegar a tu misión. • ¡Muy bien hecho! Misión 5 • Hola para ir al hospital camina detrás de mí.
Persona 3	Misión 4 • Muy bien hecho, tu siguiente misión es dirigirte al jardín, para ello cruza por las líneas peatonales que están en frente de mí. • Tú puedes, ve al jardín cruza por las líneas peatonales que están enfrente. • ¡Muy bien hecho!
Policía 10	Misión 4 • Para completar tu misión camina en frente de mí. • ¡Muy bien hecho! Misión 5 • Para llegar al hospital camina hacia mi izquierda. • ¡Muy bien hecho!
Persona 4	Misión 5 • Muy bien hecho has completado tu misión de llegar al jardín. Tu siguiente misión es llegar al hospital para ello sal de aquí y camina a tu izquierda. • Tú puedes, ve al hospital.
Policía 11	Misión 5 • Si quieres ir al hospital sigue a mi derecha. • ¡Muy bien hecho!
Policía 12	Misión 5 • El hospital esta justo en frente de mí, cruza por las líneas peatonales para llegar a él. • ¡Muy bien hecho!

7.4.2 División de misiones dentro de la ciudad

Se dividió el mapa de la ciudad en tres zonas diferentes, cada una de ellas con distintos puntos en los que debe llegar el niño con TEA, el nivel 1 consiste en llegar a la zona 1 en el nivel 2 se llegan a dos objetivos dentro de la zona 2 y en la zona 3 deben llegar a los últimos dos objetivos de la zona 3.

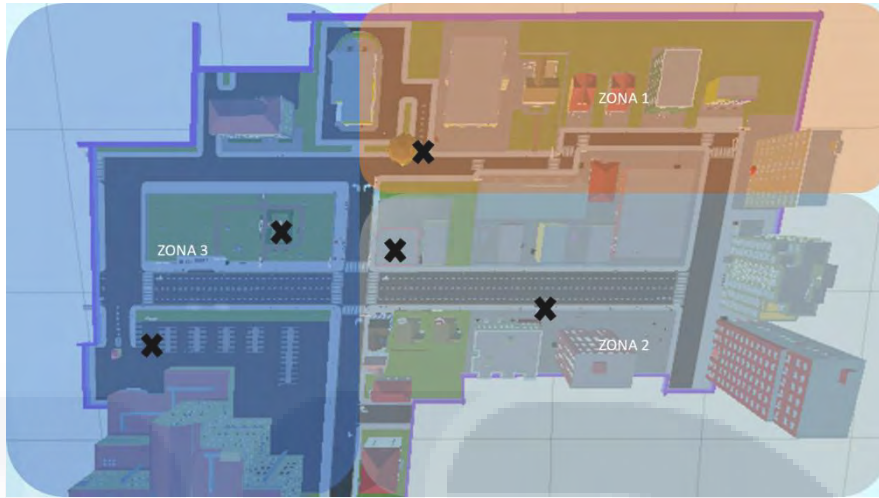


Fig. 55. Zonas de la ciudad para completar misiones.

7.4.3 Actualización de pantalla de inicio

La pantalla de inicio se actualizó por un salón de clases donde el pizarrón funge como menú principal para acceder a los niveles, recompensas y saber cómo se juega.



Fig. 56. Nueva pantalla de inicio con niveles, recompensa y como jugar integrados.

7.4.4 Indicación de camino a seguir

En la versión previa los policías mostraban las indicaciones a través de un texto y por voz, en esta nueva versión los policías indican con una flecha la dirección correcta que se debe seguir para dar más retroalimentación a los usuarios.



Fig. 57. Dirección sobre los policías para apoyar el reconocimiento de direcciones.

7.4.5 Avatar en los sitios de meta

Para facilitar la identificación del objetivo final, se añadió un avatar en constante movimiento que indica el sitio específico. Una vez alcanzado el objetivo, se muestra una pantalla de retroalimentación.



Fig. 58. Avatar en los sitios de meta y escena de finalización como parte de la ciudad.

7.4.6 Mejora de diálogos en los agentes

Los diálogos ahora se encuentran en la parte superior de cada avatar representado por una nube de dialogo, las advertencias y estrellas logradas se encuentran en el centro de la pantalla, además, se mejoraron las instrucciones para que sean más aptas para niños con autismo.

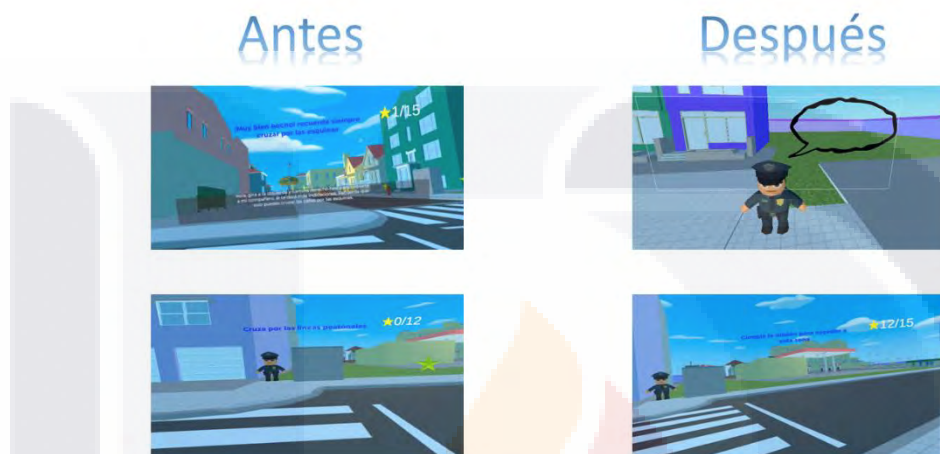


Fig. 59. Características actualizadas, diálogos sobre los policías, cantidad de estrellas obtenidas y advertencias.

7.4.7 Características nuevas

Una vez actualizas las interfaces gráficas, se agregaron nuevas características para la mejora del juego. A continuación, se enlistan las mejoras realizadas.

- Se incorporaron avatares para hacer más clara el destino a llegar.
- Se agregaron estrellas para retroalimentar al usuario y especificar de mejor manera la ruta a seguir.
- Se agrego retroalimentación al cruzar por las esquinas.
- Se actualizo la interfaz del escenario principal mostrando las estrellas que se van obteniendo.
- Existe más de un destino dentro de la aplicación.

Características nuevas (Ciudad virtual)



Fig. 60. Estrellas dentro del entorno virtual, logros obtenidos y escena de finalización.

Características nuevas (Home)

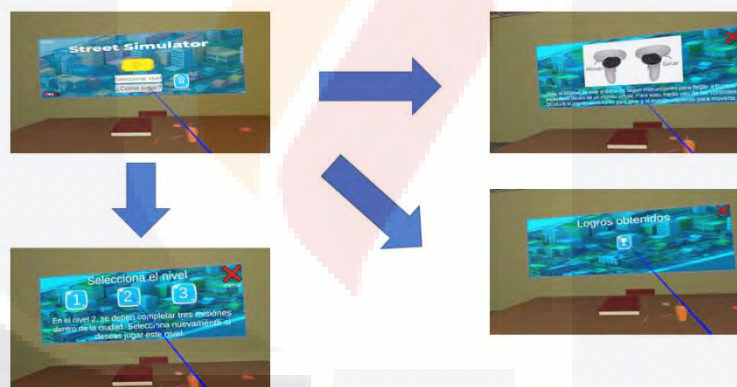


Fig. 61. Nuevas características en la pantalla de inicio (Selección de niveles, explicación de mandos y logros obtenidos).

7.4.8 Evaluación realizada dentro de la asociación de Autismo

Aguascalientes A. C.

Una vez realizadas las mejorar previamente mencionadas, se realizó una evaluación de "Street Simulator 2.0" para analizar su impacto en el comportamiento de niños con autismo, dicha evaluación se llevó a cabo en la Asociación de Autismo Aguascalientes A. C. (AUTAG). El estudio incluyó a niños con edades entre 5 y 14

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

años, todos ellos con un nivel de autismo funcional, caracterizado por la capacidad de seguir instrucciones, pero con limitaciones en las habilidades de socialización.

Para esta evaluación se definieron cuatro sesiones, la primera sesión consistió en probar la aplicación con cada uno de los niños por un lapso de cinco minutos motivándolos para que llegaran al primer destino establecido dentro de “Street Simulator 2.0”, posteriormente, se les retiraban los lentes y se les preguntaba si les había gustado la experiencia y si se sentían mareados, en este punto ocho de diez niños evaluados indicaron que les había gustado y estaban dispuestos a reintentar el juego y solo uno mencionó que se sintió mareado después del uso de la RV.

Las primeras sensaciones con la RV fueron de asombro y dificultad al moverse dentro del entorno, pero conforme seguían experimentando lograban mejorar la manipulación de los mandos y comenzaron a caminar en la dirección que ellos deseaban y a obtener las estrellas que veían dentro del entorno virtual. En este primer acercamiento todos pudieron completar la actividad logrando superar las dificultades iniciales (Ver Figura 61).



Fig. 62. Niños probando la aplicación “Street Simulator 2.0”.

En la segunda sesión se les permitió utilizar de nuevo la aplicación por ocho minutos y llegar a la mayor cantidad de destinos posibles, posteriormente, se pretendía que contestaran un cuestionario para conocer su percepción del juego, este cuestionario fue adaptado del trabajo de Parras-Burgos et al. (Parras-Burgos

et al., 2020), sin embargo, se recibió retroalimentación por parte de los psicólogos quienes indicaron que las preguntas deberían de ser más claras y simples. El cuestionario que no fue aceptado es el siguiente:

Contesta con un SI o No cada una de las siguientes sentencias:

1. Ha trabajado la aplicación correctamente en el dispositivo
2. Se han mostrado correctamente las instrucciones
3. Han aparecido rápidamente los modelos 3D en el entorno virtual
4. Esta aplicación de "RV" me ha parecido muy interesante
5. Le parece útil esta herramienta
6. Te gustaría repetir esta actividad

Por esta razón, se definió una tercera sesión donde se aplicaría el cuestionario modificado. El cuestionario aplicado y aceptado por los psicólogos fue el siguiente:

1. ¿Te ha parecido que funcionó bien el juego?
2. ¿Se mostraron bien las instrucciones que te dieron los policías?
3. ¿Aparecieron rápido los policías e instrucciones dentro del juego?
4. ¿Te pareció el juego interesante?
5. ¿Te gustaría jugar de nuevo?

Como resultado de este cuestionario, ocho de diez niños indicaron que les gustaría jugar de nuevo, a ocho de cada diez les pareció interesante, ocho de cada diez consideraron que aparecían rápidos los policías e instrucciones del juego, nueve de cada diez indicaron que se mostraron bien las instrucciones de los policías y los diez consideraron que funcionó bien el juego. A continuación, en la figura 62, se muestran los resultados obtenidos en estas sesiones por parte de los niños con TEA.



Fig. 63. Resultados obtenidos en el instrumento aplicado a los niños con autismo.

Finalmente, ya realizadas las pruebas con los niños de la asociación se procedió a aplicar el siguiente cuestionario a los cinco psicólogos que estuvieron apoyando, este cuestionario tenía como objetivo conocer su percepción conforme a la aplicación "Street simulator 2.0" y el uso de la RV. El cuestionario aplicado utilizaba una escala de Likert de 0 a 5 y contenía las siguientes sentencias Sukotjo et al. (2021):

- Esta aplicación de "RV" me ha parecido muy interesante.
- Creo que el uso de la "RV" puede ayudar a mejorar el aprendizaje en niños con TEA.
- Creo que preferiría las clases tradicionales a la utilización de la "RV".
- Creo que la "RV" debería utilizarse sin ningún tipo de discusión en el aula.
- Creo que el uso de la "RV" puede ayudar a participar más activamente en clase.
- Estoy muy interesado en utilizar la "RV" fuera de clase.
- Creo que el uso de la "RV" puede mejorar el entusiasmo y motivación hacia el aprendizaje.
- Creo que la "RV" proporciona un acceso más fácil a los materiales de aprendizaje que las clases y los libros de texto tradicionales.
- Creo que puedo utilizar la "RV" como complemento de las clases tradicionales.
- Creo que la "RV" puede proporcionar una visualización excepcional que no es posible en el aula tradicional.
- Creo que la "RV" aumenta el compromiso de los estudiantes a través de una experiencia de inmersión.
- Creo que esta aplicación de "RV" aumentará la confianza de los alumnos.
- Quiero que se desarrollen más aplicaciones de "RV" para niños con TEA.
- Creo que la "RV" puede mejorar la calidad de vida de los niños con TEA.

Los resultados que obtuvieron puntuaciones mayores o iguales a 4 demostraron que los psicólogos creen que la realidad virtual (RV) puede mejorar la calidad de vida de los niños. Desean que se desarrollen más aplicaciones de RV para niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA), ya que consideran que la RV aumenta el compromiso de los niños y puede proporcionar una visualización excepcional que no es posible en el aula tradicional.

Además, creen que la RV puede utilizarse como complemento de las clases tradicionales, mejorar el entusiasmo de los estudiantes y ayudar a que participen más activamente en clase. También están interesados en utilizar la RV fuera del aula y consideran que puede mejorar el aprendizaje en niños con TEA, encontrándola muy interesante.

Estos resultados demuestran un área de interés para la RV en niños con autismo, incitando a que su aplicación sea más constante y se exploren nuevas áreas de aprendizaje para mejorar la calidad de vida de estos niños, quienes han demostrado que pueden adaptarse a esta tecnología y aprender de ella.

7.5. Versión 2 – Iteración 5 – Caso de estudio 4 “Aplicación para la enseñanza de sumas y restas de fracciones en personas ciegas”

Las personas ciegas suelen tener dificultades para entender las matemáticas debido a que su nivel de abstracción visual es nulo. Una de las lecciones de matemáticas que resultan difíciles de percibir para los alumnos ciegos son las fracciones (Wahyudi et al., 2023).

Por esta razón, la quinta iteración consistió en una aplicación llamada “Fracciones tangibles” cuyo objetivo es mejorar el aprendizaje de las sumas y restas de fracciones para personas ciegas. Considerando que las manos son el principal medio para percibir su entorno de estas personas se hace uso de TUI y elementos del UDL para mejorar su experiencia

A continuación, se describe la aplicación realizada, sus características, la aplicación del UDL dentro de ella, así como, la interfaz y los objetos tangibles desarrollados. La aplicación “Fracciones tangibles” funciona tanto para sistemas

operativos Microsoft Windows y MacOS. La interfaz de inicio se compone por las secciones de configuración, iniciar, recompensas, y cerrar (Ver figura 63).



Fig. 64. Interfaz inicial de la aplicación fracciones tangibles.

Para facilitar la interacción con la interfaz por parte de las personas ciegas, se agregaron voces que explican donde se encuentra, que actividad debe de hacer o que logros ha obtenido, por esto, en la sección de configuración es posible ajustar el volumen y velocidad en la que hablan estas voces, así como el volumen de la música global, asimismo, el botón de cerrar permite salir de la aplicación o cerrar la ventana que se haya abierto (Ver figura 64).



Fig. 65. Interfaz de configuración de la aplicación fracciones tangibles.

Una vez seleccionado el botón de Jugar se presentan niveles que se pueden ir desbloqueando conforme se va avanzando con las preguntas de sumas y restas, en cada uno de estos niveles se pueden obtener estrellas según el desempeño que se haya tenido, asimismo, es posible regresar a la interfaz de inicio (Ver figura 65).



Fig. 66. Interfaz de selección de nivel de la aplicación fracciones tangibles.

En la actividad principal se puede observar, escuchar y leer la pregunta de suma o resta que se debe contestar. Posteriormente, el usuario debe colocar la fracción correspondiente en la interfaz tangible y recibir retroalimentación sobre su respuesta, la cantidad de oportunidades para contestar correctamente son tres y se cuenta con un tiempo limite el cual se le informa de manera auditiva, asimismo, es posible configurar la velocidad y volumen del habla y regresar a la interfaz inicial (Ver figura 66).

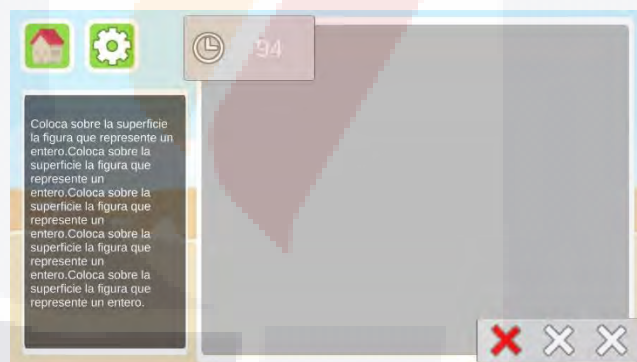


Fig. 67. Interfaz de interacción principal de la aplicación fracciones tangibles.

En caso de contestar correctamente se muestra el puntaje final compuesto por el tiempo, errores y las estrellas obtenidas (Ver figura 67).



Fig. 68. Interfaz de interacción principal mostrando las estrellas obtenidas.

Finalmente, es posible recibir distintivos dependiendo su desempeño conforme va avanzando en los niveles, para acceder a estos distintivos es necesario ingresar desde la interfaz inicial.



Fig. 69. Interfaz de trofeos y medallas.

Como paso final, se registró la aplicación ante el Instituto Nacional de Derechos de Autor, obteniendo un resultado favorable. Para consultar el registro, diríjase al anexo G.2.

7.5.1. Evaluación de aceptación hacia los elementos de gamificación

La evaluación preliminar se realizó con cinco personas ciegas pertenecientes al Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF), Aguascalientes, el rango de edad de los encuestados fue de 27 a 50 años (Ver figura 69).



Fig. 70. Persona ciega interactuando con la interfaz tangible y la aplicación "Fracciones tangibles".

Esta evaluación constó de un cuestionario que permite conocer la aceptación hacia los elementos de gamificación, dicho cuestionario ha sido utilizado en aplicaciones para personas ciegas (Sari et al., 2019) y se compone por siete preguntas que pueden ser divididos en cinco factores humanos como tiempo de aprendizaje, velocidad de interacción, nivel de error en el usuario, memoria y satisfacción subjetiva (Ver tabla 35).

Tabla 35. Lista de preguntas de evaluación.

	Pregunta
1	¿La información presentada en este juego es fácil de entender?
2	¿El juego responde rápidamente a las interacciones?
3	¿El juego te proporciona una interacción fácil?
4	¿La información proporcionada en el juego es fácil de recordar?
5	¿Está de acuerdo en que el juego te motiva a aprender?
6	¿El juego es interesante de jugar?
7	¿Te animas a volver a jugar a este juego?

Se les hizo firmar un consentimiento informado para que conocieran la finalidad de dicho estudio, posteriormente, se les asistió en el uso de la aplicación, el reconocimiento de los objetos tangibles y el cumplimiento de los ocho niveles

presentes en el juego, finalmente, se les realizaron las preguntas antes mencionadas.

A continuación, se muestran los resultados de esta evaluación.

- Tiempo de aprendizaje: Basado en los resultados de las entrevistas, todos los evaluados consideraron que la información presentada en el juego es fácil de entender, así como la familiarización de los objetos tangibles, por esta razón no requirieron de mucho tiempo para aprender a utilizar la aplicación y contestar rápidamente las preguntas planteadas.
- Velocidad de interacción: Basado en los resultados de las entrevistas, todos los evaluados consideraron que la velocidad de interacción era adecuada, además, indicaron que poder cambiar la velocidad del audio es un gran acierto ya que la velocidad promedio se les hace muy lenta.
- Nivel de error en el usuario: Basado en los resultados de las entrevistas, los evaluados consideraron que requieren ayuda para seleccionar los niveles y moverse dentro de la interfaz, sin embargo, señalaron que en la interfaz principal es bastante fácil colocar su respuesta ya que toda la interfaz tangible funciona como detector de las figuras que representan fracciones.
- Memoria: Basada en los resultados de las entrevistas, los evaluados consideran que la interacción es fácil de entender y memorizar gracias a los objetos tangibles.
- Satisfacción subjetiva: Basado en los resultados de las entrevistas, los evaluados se sintieron motivados de utilizar la aplicación, la interacción con los objetos tangibles les pareció un acierto, indicando que la única mejora que harían en ellos es la uniformidad del tamaño de la letra braille. Asimismo, la presencia de las misiones y desafíos les pareció motivante para seguir interactuando, así como el ir desbloqueando niveles conforme su desempeño iba mejorando. El uso de interfaces tangibles con elementos de gamificación les pareció una forma interesante para futuros proyectos de enseñanza en personas ciegas, indicando, que el uso de impresiones 3D con el lenguaje braille resultó bastante interesante para ellos.

7.5.2. Evaluación de usabilidad

Se realizó una evaluación preliminar utilizando un instrumento estandarizado para medir la usabilidad llamado System Usability Scale (SUS) el cual considera un numero de entre 3 y 5 participantes para obtener información importante sobre los productos medidos (Nielsen, 1995).

Este cuestionario consta de diez declaraciones para medir la usabilidad del sistema a evaluar. Cada una de ellas es evaluada por una escala de liker donde 1 es muy en desacuerdo y 5 muy de acuerdo.

La evaluación se realizó a personas ciegas en el Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF), Aguascalientes con un promedio de edad de 41 años. Para el proceso de evaluación se les explicó el objetivo del estudio y se les hizo manipular previamente los objetos tangibles para que se familiarizaran con ellos, posteriormente, interactuaron con la aplicación logrando superar cada uno de los distintos niveles que se les fueron presentando (Ver figura 70).



Fig. 71. Persona ciega utilizando la interfaz tangible e interactuando con la aplicación.

Una vez que cumplieron todos los niveles se les aplicó el instrumento de evaluación. A continuación, en la tabla 36 se muestran los resultados obtenidos por cada participante

Tabla 36. Resultados obtenidos.

Participante	Años	Puntaje obtenido en el SUS
1	50	95
2	47	85
3	46	82.5
4	35	95
5	27	75

Analizando los resultados se puede observar cómo se obtuvieron puntuaciones superiores a 68, cantidad mínima requerida para indicar que se tiene un nivel de satisfacción aceptable (Hall Ed. et al., 2012). Con estos resultados se puede deducir que esta evaluación preliminar fue satisfactoria y que la aplicación puede ser usada por usuarios específicos para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso especificado (Nielsen, 1995).

7.6. Versión 2.1 – Iteración 6 – Caso de estudio 5 “RELIF”

La sexta iteración del proceso de desarrollo se centró en la creación y arquitectura de “RELIF”, una aplicación diseñada para apoyar la recuperación de pacientes con parálisis facial mediante el uso de visión artificial. El objetivo principal de esta investigación fue desarrollar una solución de software integral que brinde apoyo a los especialistas en fisioterapia, facilitando una recuperación más rápida y efectiva en los pacientes. La aplicación incorpora elementos de Diseño Universal para el Aprendizaje lo que garantiza su accesibilidad y adaptabilidad a diversos usuarios.

“RELIF” es compatible con sistemas operativos Microsoft Windows, MacOS y dispositivos móviles Android. La interfaz inicial consta de secciones para el registro de datos del usuario y un botón que permite avanzar a la siguiente pantalla. Al continuar, el usuario ingresa información personal relevante, seguida de la selección del tipo de parálisis facial que padece (periférica o central).

En el caso de la parálisis periférica, la aplicación presenta una serie de niveles y ejercicios, diferenciados principalmente por la duración de cada actividad. En total, se ofrecen nueve ejercicios, cada uno accesible al seleccionar su

correspondiente número en la interfaz. Esta estructura permite al usuario avanzar de manera progresiva, adaptándose a sus necesidades específicas y al ritmo de su recuperación.



Fig. 72. Interfaces iniciales de RELIF.

Si el usuario selecciona el tipo de parálisis central, la aplicación presenta una serie de seis ejercicios específicos diseñados para esta condición. Al seleccionar cualquier número correspondiente a un nivel, el sistema redirige al usuario a la interfaz del ejercicio correspondiente. Cada una de estas interfaces incluye indicativos auditivos, lo que mejora significativamente la usabilidad y enriquece la experiencia del usuario durante la interacción con la aplicación.

En la parte superior izquierda de la interfaz se encuentra un menú desplegable, el cual ofrece dos opciones principales: “Mi cuenta” y “Ayuda”. Al seleccionar “Mi cuenta”, el usuario accede a la información personal registrada durante la configuración inicial. Esta sección permite realizar modificaciones a los datos, las cuales se guardan automáticamente para garantizar su actualización inmediata. Este enfoque facilita un control más preciso y un seguimiento detallado de la información de los pacientes, contribuyendo a una gestión más eficiente de su proceso de rehabilitación.



Fig. 73. Interfaces de niveles e información del usuario

Retomando la interfaz de selección de niveles, al elegir un número correspondiente a cualquier nivel, se despliega la interfaz del ejercicio seleccionado. En esta pantalla, se muestra un instructor ejecutando el ejercicio, acompañado de una descripción auditiva que guía al usuario sobre cómo realizarlo correctamente.

Al iniciar el ejercicio, se activa la cámara del dispositivo que el usuario está utilizando, y en la parte superior de la pantalla aparece un cronómetro que marca el tiempo de la actividad. En la sección inferior de la interfaz, se encuentran dos botones: a la izquierda, un botón de “Salir”, y a la derecha, un botón de “Comenzar”. Al presionar el botón de “Comenzar”, este desaparece, y el cronómetro inicia su conteo. En este momento, el usuario comienza a imitar y seguir las indicaciones proporcionadas en la sección izquierda de la interfaz, las cuales incluyen tanto instrucciones visuales como auditivas para garantizar una ejecución precisa del ejercicio.

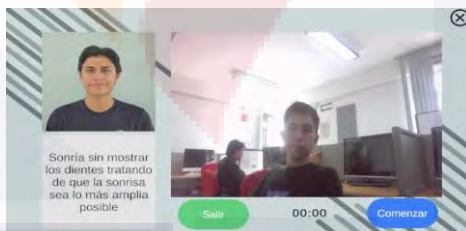


Fig. 74. Interfaz principal donde se realizan los ejercicios

7.6.1 Evaluación de usabilidad

Se llevó a cabo una evaluación preliminar de usabilidad utilizando el System Usability Scale (SUS) (Brooke, 2018), uno de los cuestionarios más ampliamente reconocidos y utilizados para medir la usabilidad de productos digitales. Desarrollado por John Brooke en 1986, el SUS es una herramienta versátil que, aunque frecuentemente se emplea para evaluar la usabilidad de sitios web, también puede aplicarse a sistemas, aplicaciones móviles, dispositivos electrónicos y otros productos tecnológicos.

La evaluación se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, específicamente en los laboratorios de Industrias de Software. El proceso consistió en seleccionar a cinco participantes, quienes interactuaron con la aplicación y completaron los ejercicios propuestos. Posteriormente, se les administró el cuestionario SUS para recopilar sus percepciones y evaluar la usabilidad del sistema.



Fig. 75. Persona evaluando la aplicación (RELIF)

Los resultados individuales de cada evaluación son mostrados a continuación:

Tabla 37. Resultados obtenidos por participante.

	Media
Usuario 1	67.5
Usuario 2	70
Usuario 3	62.5
Usuario 4	85
Usuario 5	95

El System Usability Scale (SUS) establece que una interfaz se considera satisfactoria cuando obtiene un puntaje superior a 68 punto(Brooke, 1996). En este caso, el promedio obtenido por los participantes fue de 76 puntos, superando el puntaje mínimo definido por el SUS. Además, el cuestionario incluyó una pregunta

abierta para recopilar sugerencias y comentarios adicionales. A continuación, se presentan las principales observaciones realizadas por los usuarios:

- Facilidad de uso: "Muy buena aplicación, es fácil de trabajar."
- Integración tecnológica: "Creo que es una muy buena herramienta para integrar la tecnología al sector salud."
- Valoración general: "Me parece muy buena aplicación."
- Mejoras específicas: "Colocar una descripción."
- Potencial de impacto: "Van por buen camino, será muy útil para las personas afectadas. Estaría mejor la app móvil, pero en sí está muy bien planeada y hecha."

Con base en estos resultados, se puede concluir que la aplicación es intuitiva y fácil de utilizar para usuarios de diversos perfiles. No obstante, se identificaron áreas de mejora, como el aumento del tamaño de las letras en los ejercicios para mejorar la visibilidad y la accesibilidad. Estos hallazgos son particularmente relevantes dado que los participantes representaban un rango amplio de edades, lo que refuerza la importancia de incorporar los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (UDL) en el desarrollo de la aplicación.

7.7. Versión 2.1 – Iteración 7 – Caso de estudio 6 “Aplicación para la enseñanza de operaciones concretas y formales en niños con autismo”

La iteración 6 se llevó a cabo con el objetivo de enseñar operaciones concretas y formales a niños con autismo. Por esta razón, en esta iteración se desarrollaron dos aplicaciones de manera simultánea, cada una con un objetivo de enseñanza específico. A continuación, se presentan las interfaces principales y una breve justificación de la importancia de este tipo de operaciones.

7.7.1 Aplicación de operaciones concretas

En la etapa de operaciones concretas, los niños piensan principalmente en objetos tangibles y casos específicos, en lugar de conceptos abstractos. Pueden llegar a conclusiones lógicas sobre ejemplos concretos, pero pueden tener dificultades con situaciones hipotéticas.

En esta etapa, los niños comienzan a comprender los fundamentos del razonamiento lógico, demostrando capacidades como conservación (número, área, volumen, orientación), reversibilidad, seriación, transitividad e inclusión en clases (McLeod, 2024). Este tipo de conocimiento es crucial para los niños con autismo, ya que mejora su relación con el entorno y les ayuda a resolver problemas.

Por esta razón, se decidió crear una aplicación que enseñe tres elementos fundamentales de las operaciones concretas: jerarquía, clasificación simple y clasificación múltiple. La aplicación utiliza objetos tangibles, elementos que ya han demostrado su utilidad en el aprendizaje de niños con autismo en proyectos previos de esta tesis.

La aplicación está dividida en una interfaz principal con opciones de logros, jugar y configuración. Al seleccionar una de estas opciones, aparece la posibilidad de elegir el nivel. A medida que el niño avanza de nivel, puede coleccionar logros que lo motivan a seguir jugando y a querer conseguir la mayor cantidad de objetos posible. Las instrucciones en cada actividad son simples, pero invitan a reflexionar sobre la posible respuesta, mejorando así el conocimiento del niño con autismo.

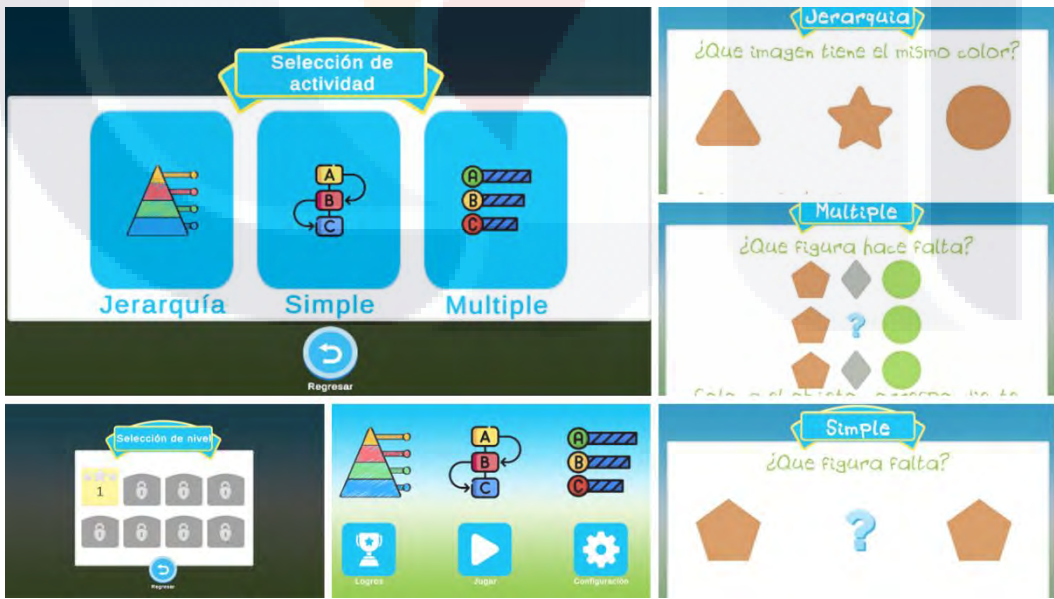


Fig. 76. Interfaces gráficas de la aplicación de operaciones concretas.

Las preguntas que se pueden encontrar incluyen: ¿qué imagen tiene el mismo color?, ¿qué figura hace falta? y ¿qué figura falta? Cada una de estas preguntas está acompañada de imágenes ilustrativas para ayudar a identificar la mejor respuesta.

Para responder, utilizamos distintos objetos tangibles que representan las posibles respuestas dentro de la aplicación. Estas figuras están equipadas con un código QR que nos permite identificar cuál es la figura, su posición y si está colocada o no. Para su creación, se utilizó una impresora 3D de última generación (Ver figura 76).

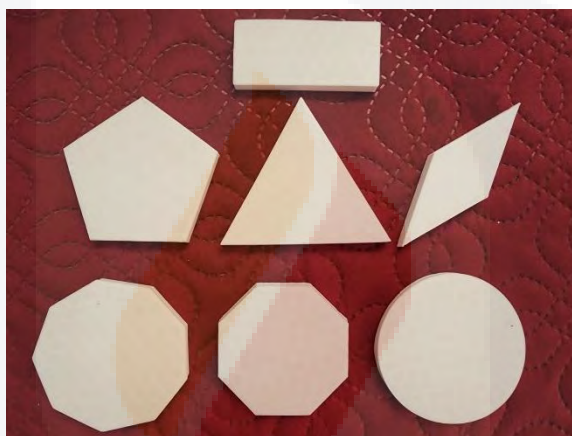


Fig. 77. Objetos tangibles utilizados en la aplicación de operaciones concretas.

Debido a que estas fueron las últimas iteraciones realizadas con la metodología y en el último periodo del doctorado, no se alcanzaron a realizar evaluaciones en ellas. Sin embargo, como trabajo futuro, se pretende probar estas aplicaciones en la asociación de autismo aguascalientes para observar si ayudan en su aprendizaje y conocer la opinión de los expertos.

7.7.2 Aplicación de operaciones formales

La segunda aplicación realizada en esta iteración consiste en enseñar las operaciones formales, durante las operaciones formales los adolescentes adquieren la capacidad de pensar de forma abstracta y desarrollar un razonamiento de orden superior. Los niños entran en esta etapa cuando comienzan a percibir los cambios en el mundo que los rodea. A partir de este momento, pueden realizar cálculos

matemáticos con facilidad, pensar de manera creativa, utilizar el razonamiento abstracto e imaginar los resultados de determinadas acciones (Caldeira & Carvalho, 2021).

Para esta segunda aplicación, se decidió cambiar de tecnología para experimentar nuevas formas de interacción con los niños con autismo, utilizando la realidad virtual. El entorno creado consiste en un salón de clases, para que el niño con autismo se sienta familiarizado en un entorno conocido. Es importante recordar que las operaciones formales se desarrollan en la adolescencia, por lo que estamos hablando de niños con autismo de mayor edad (algunos no avanzan de grado según su edad).

Durante las operaciones formales, se desarrolla el razonamiento hipotético-deductivo, que consta de distintas etapas seguidas en la aplicación desarrollada. Primero, se presenta un problema abstracto mostrando distintas figuras con colores similares o diferentes. Posteriormente, se le hace una pregunta (por ejemplo: "Toma la figura de color azul que es más grande"). Con esta pregunta, el niño debe desarrollar una teoría basada en las figuras disponibles y, de acuerdo con los factores que estas presentan, generar su hipótesis de la respuesta correcta. Luego, toma la figura con sus manos y la pone a prueba para ver si es la solución al problema presentado.

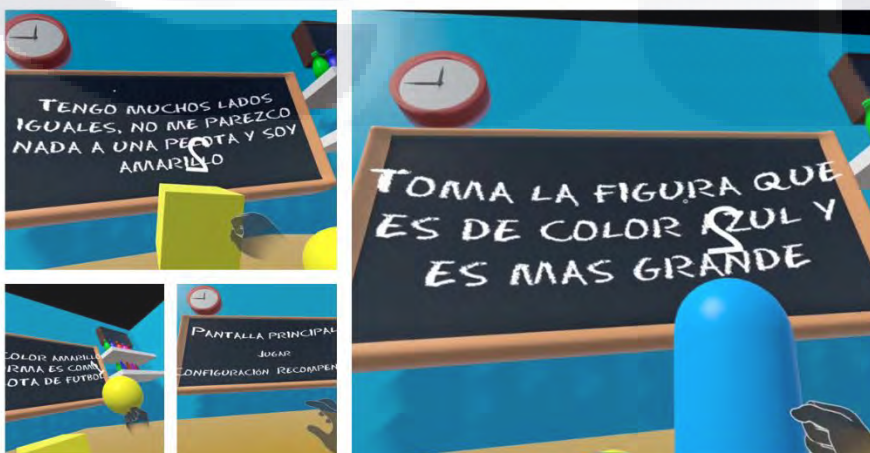


Fig. 78. Interfaces en la aplicación de operaciones formales.

Al igual que en la aplicación de operaciones concretas, debido al tiempo en que se realizaron las iteraciones, no fue posible realizar pruebas en niños con autismo. Sin embargo, se pretende probarlas en el futuro dentro de la Asociación de Autismo Aguascalientes.

8 ESTANCIA DE INVESTIGACIÓN

CAPITULO 8

8 ESTANCIA DE INVESTIGACIÓN

En esta sección se presentan los resultados obtenidos durante la estancia de investigación internacional realizada en la Universidad de La Laguna, ubicada en Tenerife, España.

El genio se hace con un 1% de talento
y un 99% de trabajo,
Albert Einstein

Como parte del doctorado se realizó una estancia de investigación en la universidad de la Laguna en Tenerife, España a cargo de la Dra. Carina Soledad Gonzalez Gonzalez, dicha estancia sirvió para mejorar la propuesta metodológica expuesta en este trabajo, debido a la madures en que se encontraba la propuesta cuando se realizó la estancia, se decidió crear una nueva herramienta que trabajara en conjunto con la metodología MEEXUU sin necesidad de cambiar su estructura, convirtiéndose en un complemento para la metodología y conseguir productos de mejor calidad con un enfoque más inclusivo.

Durante la estancia se estudió el Manifiesto Disability Interacción (DIX) (Holloway, 2019), un nuevo enfoque que pretende actualizar la forma en la que se generan productos inclusivos, dando énfasis en la necesidad de nuevos

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

mecanismos dado el avance de las nuevas tecnologías y la gran cantidad de personas que tienen contacto con la tecnología. Asimismo, se conocieron otros enfoques que también fueron fundamentales en el diseño de la herramienta que se generó durante esa estancia, como ADC Toolkit (Fraga Viera et al., 2020), Microsoft Inclusive Design (Shum et al., 2016).

8.1 Herramienta desarrollada

El toolkit propuesto se basa en los principios del DIX (Holloway, 2019) y en el ADC Toolkit (Fraga Viera et al., 2020). Sus actividades se encuentran divididas en las cuatro etapas del DCU (Comprender y especificar el contexto de uso, especificar los requisitos del usuario, Producir soluciones de diseño, Evaluar diseños frente a requisitos) (Putra et al., 2024).

8.1.1. Comprender y especificar el contexto de uso

En esta fase, se planea aprender de la experiencia de personas con discapacidad o exclusión permanente para elaborar requerimientos funcionales y no funcionales adecuados. Para ello, se proponen entrevistas a personas con diversas capacidades y discapacidades, con el fin de conocer sus puntos fuertes, habilidades, motivaciones, objetivos, retos y cómo mejorar sus interacciones cotidianas mediante el uso de tecnología.

Posteriormente, se sugiere trazar un mapa de capacidades humanas para verificar si los requerimientos planteados benefician a una o más personas. Además, se destaca la importancia de considerar los retos de diseño para crear los primeros bocetos de la solución y establecer similitudes entre el comportamiento humano y la tecnología, con el objetivo de desarrollar una mejor solución. Finalmente, es crucial definir el alcance de la solución basada en la tecnología que se implementará y proporcionar diferentes métodos de acceso (tacto, vista, oído, voz) para facilitar la interacción con los usuarios. en la tabla 38 pueden observar el nombre, propósito y anexo de cada una de las actividades planteadas en esta etapa.

Tabla 38. Actividades de la etapa de Comprender y especificar el contexto de uso.

Nombre	Propósito	Anexo
--------	-----------	-------

Aprende de las personas que sufren discapacidad	Aprender de la experiencia de las personas que sufren discapacidad o exclusión de forma permanente para la elaboración de requerimientos funcionales y no funcionales más adecuados.	Ver anexo F.1
Traza un mapa de las capacidades humanas	Trazar un mapa de las capacidades humanas en un espectro para generar requerimientos funcionales y no funcionales que beneficien a todos.	
Descubre los medios de interacción	Considerar los retos de diseño en términos relacionados con el entorno personal de alguien para la creación de los primeros bocetos de la posible solución.	
Establece las similitudes entre el comportamiento humano y la tecnología	Establecer las similitudes entre el papel del comportamiento humano y el de la tecnología a utilizar para la creación de una mejor solución.	
Define el alcance de la solución	Profundizar en la investigación y empezar a definir el alcance de la solución de diseño orientada a la tecnología a utilizar.	

8.1.2. Especificar los requisitos del usuario

Dado que se logró comprender y especificar correctamente el contexto de uso del proyecto, en esta fase se aportan ideas para mejorar el producto de software o la experiencia del usuario, basándose en posibles interacciones inadecuadas. Para ello, a partir de la investigación y los requerimientos establecidos en la fase previa, se elabora una lista de interacciones inadecuadas que podría experimentar una persona.

Posteriormente, para cada interacción incorrecta, se proponen preguntas centradas en la oportunidad de mejorar la experiencia tecnológica, tales como: ¿Cómo podríamos crear la tecnología? ¿Cómo podríamos mejorar la tecnología? ¿Cómo podríamos habilitar la tecnología?

A continuación, se generan diseños de las interfaces que formarán parte del producto tecnológico, basándose en las interacciones inadecuadas identificadas, con el objetivo de proponer mejores diseños. Finalmente, se propone la generación de interacciones inclusivas. Para ello, es importante crear secuencias de las interacciones que tendrán las interfaces, con el fin de encontrar mejoras que las

hagan más inclusivas. A partir de un boceto o prototipo existente, se sugiere generar secuencias utilizando el sistema para observar las retroalimentaciones y analizar qué sucede una vez que finalizan, en la tabla 39 pueden observar el nombre, propósito y anexo de cada una de las actividades planteadas en esta etapa.

Tabla 39. Actividades de la etapa de Especificar los requisitos del usuario.

Nombre	Propósito	Anexo
Encuentra una solución a interacciones inadecuadas	Aportar ideas para mejorar el producto de software o la experiencia, basándose en interacciones inadecuadas.	Ver anexo F.2
Genera conceptos de diseño basados en interacciones inadecuadas	Generar conceptos de diseño de los interfaces basados en la inspiración de interacciones inadecuadas.	
Genera interacciones inclusivas	Explicar cada pequeño detalle de una secuencia de interacciones de las interfaces con el fin de encontrar formas de hacer que las interacciones sean más inclusivas.	

8.1.3. Producir soluciones de diseño

Una vez especificados los requisitos y teniendo una serie de prototipos o bocetos que han pasado por diversas actividades para mejorar las interacciones, procedemos a realizar prototipos de baja fidelidad. Estos prototipos permiten perfeccionar las soluciones creadas en la fase anterior de manera rápida, interactiva, económica y centrada en el usuario.

Para ello, se enumeran las interacciones del software que se va a desarrollar y se construyen una por una, abordando cada paso y verificando su correcta ejecución. Posteriormente, se prueba con el usuario, formulando preguntas para determinar si el diseño es de su agrado o presenta inconvenientes.

Una vez realizado esto, se simulan diferentes limitaciones humanas para observar cómo funciona la propuesta ante dichas restricciones. Para esto, se utilizan herramientas de apoyo que permiten identificar rápidamente limitaciones temporales y situacionales. En caso de ser necesario, se ajusta el diseño para solventar los inconvenientes encontrados. en la tabla 40 pueden observar el nombre, propósito y anexo de cada una de las actividades planteadas en esta etapa.

Tabla 40. Actividades de la etapa de Producir soluciones de diseño.

Nombre	Propósito	Anexo
Realiza prototipos de baja fidelidad	Perfeccionar las soluciones de las interfaces de forma rápida, iterativa, de bajo coste y centrada en el usuario.	Ver anexo F.3
Simula limitaciones para una mejor solución	Revelar oportunidades para mejorar la solución de software propuesta simulando limitaciones temporales y situacionales.	

8.1.4. Evaluar diseños frente a requisitos

En esta etapa se evalúa la tecnología en distintos contextos sociales y bajo diversas limitaciones temporales o situacionales. El objetivo inicial es determinar si la tecnología desarrollada puede adaptarse a diferentes escenarios, considerando que un cambio en el entorno de una persona podría influir en sus capacidades.

Para facilitar esta evaluación, se sugiere utilizar herramientas de apoyo que permitan seleccionar contextos y limitaciones representativos. Una vez definida una combinación específica, el siguiente paso es analizar si la solución tecnológica se adapta a estas condiciones. En caso de que no lo haga, se debe reflexionar sobre las modificaciones necesarias para ajustarla a dichas circunstancias.

Finalmente, se promueve explorar y descubrir formas creativas de adaptar la tecnología a diferentes limitaciones, garantizando su versatilidad y accesibilidad en diversos escenarios. en la tabla 41 pueden observar el nombre, propósito y anexo de cada una de las actividades planteadas en esta etapa.

Tabla 41. Actividades de la etapa de Evaluar diseños frente a requisitos.

Nombre	Propósito	Anexo
Evalúa si puedes adaptarte a diferentes contextos y capacidades	Evaluar si el software puede adaptarse a diferentes contextos. Cuando el entorno de una persona cambia, sus capacidades podrían cambiar.	Ver anexo F.4
Descubre si el software funciona existiendo limitaciones	Descubrir formas de adaptar el software propuesto para que funcione con diversas limitaciones situacionales.	

8.2 Evaluación de la herramienta

Con el objetivo de evaluar la claridad, relevancia, precisión y coherencia de cada uno de los ítems, se procedió a conocer el acuerdo Inter jueces sobre el instrumento creado, para ello se aplicó un cuestionario a un panel de expertos conformado por especialistas dentro del área de Interacción Humano Computadora (HCI) y Educación Inclusiva de Portugal, España y México. Un acuerdo Inter jueces adecuado es una condición necesaria para la validez del estudio (Dubé, 2008).

El cuestionario aplicado consistía en una escala de Likert donde se presentaron cada uno de los ítems para su evaluación. Para conocer la fiabilidad y consistencia interna de los datos se aplicó el Alfa de Cronbach un método estadístico que se utiliza ampliamente en este tipo de mediciones (Amirrudin et al., 2020).

La fiabilidad es el grado en que un experimento, una prueba o cualquier procedimiento de medición arroja el mismo resultado en ensayos repetidos. Si una medida es perfectamente fiable, no hay error en la medición, es decir, todo lo que observamos es la puntuación verdadera (Amirrudin et al., 2020), por otro lado, la consistencia interna indica si los diferentes ítems del instrumento miden un único constructo (Devon et al., 2007). A continuación, se muestran paso a paso cómo se aplicó dicho método.

- Paso 1: Se creó el instrumento de evaluación alineando cada uno de los ítems (actividades de la herramienta Toolkit para DIX) a su etapa correspondiente dentro del DCU, los principios del Diseño Inclusivo y a los principios del DIX. Para cada ítem se especificó que se planeaba evaluar la claridad, relevancia, precisión y coherencia con base en los siguientes lineamientos.
 - o Claridad: ¿La actividad está redactada de forma fácil de entender, sin ambigüedades ni confusiones?
 - o Relevancia: ¿La actividad es relevante para el propósito de la etapa y los principios relacionados?
 - o Precisión: ¿La actividad es precisa, evitando información innecesaria o redundante?
 - o Coherencia: ¿La actividad está alineada con la etapa y los principios a la que pertenece?
- Paso 2: Cada instrumento fue enviado a expertos en las áreas de Interacción Humano-Computadora (HCI) o Educación Inclusiva. En este paso, contamos con la colaboración de especialistas de España, México y Portugal.

- Paso 3: Una vez recopilados todos los instrumentos, se procedió a calcular el alfa de Cronbach utilizando una hoja de Excel. La fórmula del alfa de Cronbach es la siguiente:

$$\alpha = \frac{N}{N-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^N \sigma_i^2}{\sigma_T^2} \right)$$

Donde:

- N es el número de ítems.
 - σ_i^2 es la varianza de cada ítem individual.
 - σ_T^2 es la varianza total del test (suma de los ítems).
- Paso 4: Para cada ítem se insertó la respuesta numérica de cada evaluador; en este caso, se cuenta con doce ítems en total.
 - Paso 5: Se calculó la varianza en cada ítem. Esto debe aplicarse a todas las columnas, dando como resultado una respuesta de varianza para cada una. Para este instrumento, se tabularon doce varianzas para cada una de las preguntas.
 - Paso 6: Una vez obtenida la varianza de cada columna, se obtuvo la suma total de las 12 varianzas resultantes.
 - Paso 7: Se obtuvo la suma total para cada fila de encuestados.
 - Paso 8: Finalmente, se obtiene la varianza total de la suma de cada fila de encuestados.

A continuación, en la tabla 42 se muestran los resultados obtenidos en el alfa de Cronbach de esta evaluación (Precisión, Relevancia, Coherencia y Claridad), además, se agrega el anexo donde se pueden observar los resultados obtenidos en cada ítem evaluado.

Tabla 42. Resultados obtenidos.

Criterio	Alfa de Cronbach	Anexo
Precisión	0.728	Ver Anexo F.6
Relevancia	0.808	Ver Anexo F.7
Coherencia	0.845	Ver Anexo F.8
Claridad	0.575	Ver Anexo F.9

La construcción de la herramienta aquí expuesta ha trascendido su mera concepción inicial. Basándonos en el análisis previamente presentado, se pueden identificar áreas de mejora y otras que se pueden mantener.

En primer lugar, la precisión de los ítems, con una puntuación de 0.778, refleja una buena consistencia interna. Los ítems que evalúan la precisión están bien correlacionados, lo que sugiere que las preguntas son consistentes en medir

este aspecto de la actividad. Este resultado indica que las preguntas son claras y precisas, evitando información innecesaria o redundante.

Asimismo, la relevancia de los ítems, con una puntuación de 0.808, muestra una alta consistencia interna. Los ítems que evalúan la relevancia están bien alineados y miden consistentemente este aspecto de la actividad. Los participantes parecen tener una percepción uniforme sobre la relevancia de la actividad, lo que indica que las preguntas son efectivas y están bien formuladas para evaluar este criterio.

En cuanto a la coherencia de los ítems, con un valor de 0.845, se sugiere una excelente consistencia interna. Los ítems que evalúan la coherencia están muy bien alineados y miden de manera muy consistente este aspecto de la actividad. Los participantes tienen una percepción muy uniforme sobre la coherencia de la actividad, lo que indica que las preguntas son extremadamente efectivas y están muy bien formuladas para evaluar la coherencia.

Sin embargo, la claridad de los ítems, con un valor de 0.575, muestra una consistencia interna moderada. Los ítems que evalúan la claridad tienen una correlación aceptable, pero hay margen para mejorar. Esto sugiere que las preguntas son en su mayoría claras y comprensibles, aunque algunas pueden no serlo tanto. Se recomienda revisar y ajustar las preguntas con menor correlación para aumentar la consistencia interna.

En resumen, los resultados muestran que la relevancia, precisión y coherencia de la actividad están bien evaluadas con altos niveles de consistencia interna. La claridad, aunque moderada, podría beneficiarse de una revisión para mejorar la consistencia. Esto sugiere que, en general, las preguntas están bien formuladas y son efectivas para evaluar los aspectos correspondientes de la actividad, pero siempre hay espacio para mejorar. Por lo tanto, como recomendaciones, consideramos que debemos:

- Mantener la relevancia, coherencia y precisión: Continuar alineando los ítems con los objetivos y principios establecidos.

- Mejorar la claridad: Revisar los ítems para eliminar cualquier posible ambigüedad y redundancia, buscando siempre la mayor claridad posible.

9 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

CAPITULO 9

9 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En esta sección se detallan los logros alcanzados en relación con los objetivos planteados, se responden las preguntas de investigación formuladas, se proponen trabajos futuros, se discuten las limitaciones encontradas y se analiza la productividad generada a lo largo del desarrollo de la investigación.

**La educación es el arma más poderosa que puedes usar
para cambiar el mundo**

Nelson Mandela

La metodología MEEXUU, "Metodología para la Concepción de Realidad Extendida para Personas con Discapacidades Físicas de Interacción, basada en el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) y el Diseño Centrado en el Usuario (DCU)", está dirigida principalmente a:

1. Áreas principales de aplicación

- Accesibilidad digital: Creación de entornos de Realidad Extendida (XR: VR, AR, MR) inclusivos para personas con discapacidades motoras o físicas que afectan su interacción.
- Educación inclusiva: Desarrollo de herramientas XR adaptadas bajo los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), facilitando acceso equitativo a experiencias educativas inmersivas.
- Rehabilitación y terapia: Uso de XR para terapias de movilidad, cognitivas o de adaptación, especialmente en fisioterapia o neurorehabilitación.
- Tecnologías Asistivas: Diseño de interfaces alternativas (control por voz, seguimiento ocular, gestos adaptados, etc.) para interacción en XR.

2. Otras áreas que pueden beneficiarse

- Salud: Entornos de simulación médica accesibles para profesionales con discapacidad o pacientes en rehabilitación.

- Trabajo remoto y colaboración virtual: Espacios de trabajo inmersivos adaptados a diversidades funcionales.
- Entretenimiento y cultura: Videojuegos, museos virtuales y experiencias turísticas accesibles.
- Formación laboral: Capacitación en entornos XR para personas con discapacidad, promoviendo inclusión laboral.
- Investigación en HCI (Interacción Humano-Computadora): Mejora de modelos de interacción para diversidad de usuarios.

3. Beneficios clave de la metodología

- Inclusión real: Combina DUA (flexibilidad en la representación, acción y motivación) y DCU (prototipado iterativo con usuarios reales).
- Innovación tecnológica: Soluciones XR que pueden extrapolarse a otras poblaciones (adultos mayores, lesiones temporales, etc.).

MEEXUU no solo impacta en la discapacidad física, sino que sienta bases para tecnologías más humanas y adaptables, beneficiando áreas como educación, salud, empleo y ocio inclusivo. Su enfoque en diseño universal permite que las soluciones sean escalables y útiles para un espectro más amplio de usuarios.

9.1 Objetivos alcanzados

Los objetivos planteados para este trabajo de tesis y como se están atendiendo se encuentran especificados en la tabla 43.

Tabla 43. Objetivos planteados y como se atendieron.

Objetivo específico	Como se atendió
Revisar y analizar el estado del arte de Realidad extendida, Diseño Universal para el Aprendizaje y Diseño Centrado en el Usuario.	Se realizó una revisión sistemática de la literatura donde se analizaron 718 artículos relacionados con los temas de investigación de este trabajo de tesis. Para más información puede dirigirse a la sección 3.1 Como resultado de esta revisión surgió la primera versión de la propuesta metodológica MEEXUU. Para más información puede dirigirse a la sección 5.1
Definir una metodología de construcción de Realidad Extendida considerando discapacidades físicas de interacción implementando Diseño Universal para el	Se ha definido la versión 3 de la metodología MEEXUU para la construcción de Realidad extendida. A partir de la sección 5 del presente trabajo de tesis se pueden visualizar las versiones metodológicas generadas, actividades e instrumentos que la componen.

Aprendizaje basada en el Diseño Centrado en el Usuario.	
Indagar e implementar herramientas para medir la usabilidad que puedan ser adaptadas al modelo propuesto.	Se han encontrado distintos mecanismos para medir la usabilidad de los productos de realidad extendida, en la sección 7 se pueden visualizar los distintos casos de estudio realizados en este trabajo de tesis y sus evaluaciones.
Evaluar la metodología propuesta a través de proceso experimental de metodologías de software.	Se ha evaluado la metodología a través de un proceso experimental de ingeniería de software. Los resultados obtenidos en esta evaluación se pueden visualizar en la sección 6 del presente trabajo de tesis.

9.2 Respuestas de preguntas de investigación

A continuación, en la tabla 44 se muestran cómo se han respondido las preguntas de investigación hasta este momento en este trabajo de tesis, estas pueden sufrir modificaciones conforme se siga trabajando.

Tabla 44. Preguntas de investigación y como se atendieron.

Pregunta de investigación	Respuesta
¿Qué elementos deben considerarse para la correcta implementación de Realidad Extendida según la discapacidad de interacción física del usuario final?	Los elementos que se deben considerar se encuentran especificados en la subsección análisis y Pre-producción de la sección 5 Metodología MEEXUU.
¿Qué métodos y herramientas debe tener un modelo de construcción de Realidad Extendida considerando discapacidades físicas de interacción implementando Diseño Universal para el Aprendizaje basada en el diseño centrado en el usuario?	Los métodos y herramientas que debe tener un modelo de construcción de Realidad Extendida considerando discapacidades físicas de interacción implementando Diseño Universal para el Aprendizaje basada en el diseño centrado en el usuario se encuentran especificados en la sección 5 Metodología MEEXUU
¿Qué instrumentos de evaluación se pueden adaptar a un modelo de construcción de Realidad Extendida considerando discapacidades físicas de interacción, Diseño Universal para el Aprendizaje y Diseño Centrado en el Usuario?	Los instrumentos de evaluación que pueden ser útiles se encuentran especificados en la sección 5.1.5 Etapa Post-producción.
¿Cuáles son las mejores y peores características de la metodología propuesta con base en la ingeniería de software?	Con base en los criterios de Ingeniería de software propuestos por Rafael Menéndez – Barzanalla Asensio, las mejores y peores características de la propuesta metodológica se encuentran en la sección 6 Evaluación propuesta metodológica.

9.3 Trabajos futuros

Esta investigación ha generado contribuciones con potencial aplicación en diversas áreas, más allá del ámbito de la Realidad Extendida. A continuación, se presentan las líneas de trabajo futuro derivadas de los resultados obtenidos:

- Adaptación y Evolución de la Metodología MEEXUU
 - o El modelo en espiral propuesto como modelo de construcción de la metodología MEEXUU (Sección 4.5) puede servir como base para el desarrollo de nuevas metodologías de software, facilitando la creación de enfoques iterativos e incrementales en diferentes áreas.
 - o Como trabajo futuro, se propone realizar iteraciones adicionales de la metodología, evaluando su eficacia en distintos contextos de desarrollo de software (no solo ER) y refinando sus procesos, actividades e instrumentos.
- Validación y Mejora Continua del Proceso EP-ESEM
 - o El Proceso Experimental para Evaluar Metodologías de Ingeniería de Software (EP-ESEM) (Sección 6) ofrece un proceso estructurado para evaluar metodologías existentes o de nueva creación. Futuras investigaciones podrían enfocarse en aplicar EP-ESEM a una gama más amplia de metodologías para validar si cumple con criterios de ingeniería de software.
 - o Incorporar nuevas métricas de calidad y criterios de evaluación para enriquecer el proceso.
 - o Automatizar parcialmente la recolección y análisis de datos en evaluaciones futuras.
- Expansión y Aplicación del Toolkit de Desarrollo Inclusivo (DIX)
 - o El toolkit desarrollado (Sección 8) promueve la creación de software accesible, adaptándose a las necesidades de usuarios con características físicas diversas.
 - o Como trabajo futuro, se sugiere Extender su aplicación a otros ámbitos más allá de ER, como aplicaciones móviles, web o sistemas embebidos y a ser evaluado por una mayor cantidad de participantes.
- Generalización de los Hallazgos a Otras Áreas de la Ingeniería de Software

- o El proceso metodológico desarrollado en esta tesis puede adaptarse a otros campos, como desarrollo ágil, ingeniería de requisitos o garantía de calidad.
- o Futuras investigaciones podrían explorar su aplicabilidad en estos contextos, midiendo su impacto en la productividad y calidad del software.

Estas líneas de trabajo no solo ampliarían el alcance de las contribuciones de esta investigación, sino que también fortalecerían su impacto en la comunidad académica y la industria del software.

9.4 Limitaciones encontradas en la propuesta metodológica

- Accesibilidad y Usabilidad: Aunque la metodología se basa en el Diseño Universal para el Aprendizaje y el Diseño Centrado en el Usuario, puede haber desafíos en asegurar que todas las personas con discapacidades físicas puedan interactuar de manera efectiva con la tecnología de realidad extendida.
- Limitaciones Tecnológicas: Aunque la tecnología de realidad extendida está en un constante crecimiento y cada vez se vuelve más accesible para los usuarios se puede presentar limitaciones en términos de hardware y software, lo que podría afectar la experiencia del usuario.
- Diversidad de Necesidades: Las personas con discapacidades físicas tienen una amplia gama de necesidades y capacidades. Diseñar una solución que sea efectiva para todos puede ser un desafío significativo, en este trabajo de investigación solo se trabajó con personas ciegas, adultos mayores y niños con autismo.

9.5 Productividad generada

A lo largo del transcurso de este trabajo de tesis se han logrado publicar artículos científicos y realizar presentaciones a nivel nacional e internacional, para observar la productividad generada diríjase al anexo E.

Bibliografía

Afnan, Muhammad, K., Khan, N., Lee, M. Y., Imran, A. S., & Sajjad, M. (2021). School of the future: A comprehensive study on the effectiveness of augmented reality as a tool for primary school children's education. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(11).

<https://doi.org/10.3390/app11115277>

- Afrianto, I., & Guntara, R. G. (2019). Implementation of User Centered Design Method in Designing Android-based Journal Reminder Application. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 662(2). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/662/2/022029>
- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Al Mahmud, A., & Soysa, A. I. (2020). POMA: A tangible user interface to improve social and cognitive skills of Sri Lankan children with ASD. *International Journal of Human Computer Studies*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2020.102486>
- Alba Pastor, C., Zubillaga del Río, A., & Sánchez Serrano, J. (2015). Tecnologías y Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA): experiencias en el contexto universitario e implicaciones en la formación del profesorado. *RELATEC - Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 14(1). <https://doi.org/10.17398/1695-288X.14.1.89>
- Alcañiz, M., Bigné, E., & Guixeres, J. (2019). Virtual reality in marketing: A framework, review, and research agenda. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 10, Issue JULY). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01530>
- AlMuraikhi, N., AlMalki, F., AlDahnim, F., & Halabi, O. (2021). *Virtual Reality for Rich Interaction with Cultural Heritage Sites*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77414-1_23
- Álvarez, T., Álvarez Rodríguez, F. J., & Benitez G., E. I. (2019). *METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA EXPERIENCIA DEL USUARIO DE SISTEMAS DE SOFTWARE INTERACTIVOS PARA USUARIOS CIEGOS*. Universidad Veracruzana.
- Alves Ribeiro, S., Assis Schmitz, E., De Alencar, A. J. S. M., & Ferreira Da Silva, M. (2018). Literature Review on the Theory of Constraints Applied in the Software Development Process. *IEEE Latin America Transactions*, 16(11). <https://doi.org/10.1109/TLA.2018.8795116>

- Amirrudin, M., Nasution, K., & Supahar, S. (2020). Effect of Variability on Cronbach Alpha Reliability in Research Practice. *Jurnal Matematika, Statistika Dan Komputasi*, 17(2). <https://doi.org/10.20956/jmsk.v17i2.11655>
- Arias Flores, H., Jadán Guerrero, J., & Gómez Luna, L. (2019). Innovación educativa en el aula mediante Design Thinking y Game Thinking. *HAMUT'AY*, 6(1). <https://doi.org/10.21503/hamu.v6i1.1576>
- Attallah, B. (2020). Post COVID-19 higher education empowered by virtual worlds and applications. *2020 7th International Conference on Information Technology Trends, ITT 2020*. <https://doi.org/10.1109/ITT51279.2020.9320772>
- Autism Society of America. (2021). What is Autism? - Autism Society. In *Www.Autism-Society.Org/*.
- Avila-Garzon, C., Bacca-Acosta, J., Kinshuk, , Duarte, J., & Betancourt, J. (2021). Augmented Reality in Education: An Overview of Twenty-Five Years of Research. *Contemporary Educational Technology*, 13(3). <https://doi.org/10.30935/cedtech/10865>
- Avison, D., & Fitzgerald, G. (2006). Information systems development: methodologies, techniques & tools. In *Information Systems Series*.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. In *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* (Vol. 6, Issue 4). <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Educational Technology and Society*, 17(4).
- Bauer, V., Bouchara, T., & Bourdot, P. (2021). eXtended Reality for Autism Interventions: The importance of Mediation and Sensory-Based Approaches. *ArXiv:2106.15983*, 53(5), 2078-.
- Bauer, V., Bouchara, T., & Bourdot, P. (2023). Extended Reality Guidelines for Supporting Autism Interventions Based on Stakeholders' Needs. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 53(5). <https://doi.org/10.1007/s10803-022-05447-9>
- Beccaluva, E., Riccardi, F., Gianotti, M., Barbieri, J., & Garzotto, F. (2022). VIC — A

Tangible User Interface to train memory skills in children with Intellectual Disability.
International Journal of Child-Computer Interaction, 32.
<https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100376>

Bertrand, S., Vassiliadi, M., Zikas, P., Geronikolakis, E., & Papagiannakis, G. (2021). From Readership to Usership: Communicating Heritage Digitally Through Presence, Embodiment and Aesthetic Experience. *Frontiers in Communication*, 6.
<https://doi.org/10.3389/fcomm.2021.676446>

Bohdanowicz, Z., Kowalski, J., Cnotkowski, D., Kobylinski, P., & Biele, C. (2020). Reactions to Immersive Virtual Reality Experiences Across Generations X, Y, and Z. *ACHI 2020: The Thirteenth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions*.

Boletsis, C., & Kongsvik, S. (2019). Controller-based Text-input Techniques for Virtual Reality: An Empirical Comparison. *International Journal of Virtual Reality*, 19(3).
<https://doi.org/10.20870/ijvr.2019.19.3.2917>

Bong, W. K., Chen, W., & Bergland, A. (2018). Tangible User Interface for Social Interactions for the Elderly: A Review of Literature. In *Advances in Human-Computer Interaction* (Vol. 2018). <https://doi.org/10.1155/2018/7249378>

Brady, E., Morris, M. R., Zhong, Y., White, S., & Bigham, J. P. (2013). Visual challenges in the everyday lives of blind people. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*. <https://doi.org/10.1145/2470654.2481291>

Bravou, V., Oikonomidou, D., & Drigas, A. (2022). Applications of Virtual Reality for Autism Inclusion. A review. In *Retos* (Vol. 45). <https://doi.org/10.47197/retos.v45i0.92078>

Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. In *Usability evaluation in industry*. <https://doi.org/10.1201/9781498710411>

Brooke, J. (2018). System usability scale (SUS). *Iron and Steel Technology*.
<https://doi.org/10.5948/upo9781614440260.011>

Bryant, L., Brunner, M., & Hemsley, B. (2020). A review of virtual reality technologies in the field of communication disability: implications for practice and research. In *Disability and rehabilitation. Assistive technology* (Vol. 15, Issue 4).
<https://doi.org/10.1080/17483107.2018.1549276>

- Buela-Casal, G. (2003). Evaluación de la calidad de los artículos y de las revistas científicas: Propuesta del factor de impacto ponderado y de un índice de calidad. *Psicothema*, 15(1).
- Bustos Cárdenas, M. I., & Jaramillo Montaña, D. A. (2012). *Estudio de las Técnicas de Animación Apropriadas en la Estimulación de Niños con Autismo de Alto Funcionamiento de la Ciudad de Riobamba* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2345/1/88T00039.pdf>
- Caggianese, G., Gallo, L., & Neroni, P. (2018). Exploring the Feasibility of Diegetic User Interfaces in Immersive Virtual Exhibitions within the Cultural Heritage. *Proceedings - 14th International Conference on Signal Image Technology and Internet Based Systems, SITIS 2018*. <https://doi.org/10.1109/SITIS.2018.00101>
- Caldeira, T., & Carvalho, C. (2021). Rethinking Piaget Formal Operational Stage using Robotics for Training. *EDUNINE 2021 - 5th IEEE World Engineering Education Conference: The Future of Engineering Education: Current Challenges and Opportunities, Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/EDUNINE51952.2021.9429158>
- Cano Mazuera, S. P. (2016). *Propuesta Metodológica para el Diseño de Juegos Serios para Niños con Implante Coclear* [Universidad del Cauca].
<http://www.meconesis.com/tesis/tesis.pdf>
- Carreño-León, M., Sandoval-Bringas, J. A., Alvarez-Robles, T., Cosio-Castro, R., Estrada Cota, I., & Leyva Carrillo, A. (2020). Designing a Tangible User Interface for Braille Teaching. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 12426 LNCS.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-60149-2_16
- Carreon, A., Smith, S. J., Mosher, M., Rao, K., & Rowland, A. (2020). A Review of Virtual Reality Intervention Research for Students With Disabilities in K–12 Settings. *Journal of Special Education Technology*. <https://doi.org/10.1177/0162643420962011>
- Casanova, N., Cabezas, H., Céspedes, A., Araque, D., Ospina, D., Garzon-Morales, E., Cortes-Rico, L., & Sarmiento, W. J. (2020). Touch Live. An immersive experience for acting in others' bodies. *Proceedings - 2020 IEEE Conference on Virtual Reality and*

- 3D User Interfaces, VRW 2020. <https://doi.org/10.1109/VRW50115.2020.00105>
- Cascini, G., O'Hare, J., Dekoninck, E., Becattini, N., Boujut, J. F., Ben Guefrache, F., Carli, I., Caruso, G., Giunta, L., & Morosi, F. (2020). Exploring the use of AR technology for co-creative product and packaging design. *Computers in Industry*, 123. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103308>
- Catherine, Lord. Mayada Elsabbagh, Gillian, Baird, Jeremy, V.-V. (2018). Autism spectrum disorder. *The Lancet*. [https://doi.org/https://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31129-2](https://doi.org/https://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31129-2)
- Cawthray, T., Sahay, A. (2021). Thinking. *Academic Success*, 133–143.
- Chang, H. Y., Binali, T., Liang, J. C., Chiou, G. L., Cheng, K. H., Lee, S. W. Y., & Tsai, C. C. (2022). Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact. *Computers and Education*, 191. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104641>
- Chaves, M. (2005). La ingeniería de requerimientos y su importancia en el desarrollo de proyectos de software. *InterSedes: Revista de Las Sedes Regionales*, VI(10), 1–13. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66612870011%0ACómo citar>
- CNDIPD. (2019). *Día Mundial de Concienciación sobre el Autismo.2019*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/conadis/articulos/dia-mundial-de-concienciacion-sobre-el-autismo-2019#:~:text=En México no existen datos,de trastorno del espectro autista.>
- Çöltekin, A., Lochhead, I., Madden, M., Christophe, S., Devaux, A., Pettit, C., Lock, O., Shukla, S., Herman, L., Stachoň, Z., Kubíček, P., Snopková, D., Bernardes, S., & Hedley, N. (2020). Extended reality in spatial sciences: A review of research challenges and future directions. In *ISPRS International Journal of Geo-Information* (Vol. 9, Issue 7). <https://doi.org/10.3390/ijgi9070439>
- Combelles, A. Ebert, C. Lucena, P. (2020). Design Thinking 디자인 사고 (Design Thinking). *IEEE Software*, 37(2), 21–24. <https://doi.org/10.1109/MS.2019.2959328>
- Cook, V. S., & Gregory, R. L. (2018). Emerging technologies: It's not what you say – It's what they do. *Online Learning Journal*, 22(3). <https://doi.org/10.24059/olj.v22i3.1463>

- Costa, A. P., De Souza, F. N., Moreira, A., & De Souza, D. N. (2016). WebQDA- Qualitative data analysis software: Usability assessment. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI, 2016-July*.
<https://doi.org/10.1109/CISTI.2016.7521477>
- Creswell, J. W. (2003). Research design Qualitative quantitative and mixed methods approaches. *Research Design Qualitative Quantitative and Mixed Methods Approaches*. <https://doi.org/10.3109/08941939.2012.723954>
- Cristián Andrés, R. R. (2012). *MODELADO Y MEJORA DE PROCESOS DE SOFTWARE*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Cuevas Aguirre, M. I. (2019). Autismo y psicoanálisis. *Orbis Tertius-UPAL*, 3(5), 139–155.
- Dam, R. F., & Teo, Y. S. (2018). What is Design Thinking and Why Is It So Popular? *Interaction Design Foundation*.
- Dayarathna, V. L., Karam, S., Jaradat, R., Hamilton, M. A., Jones, P., Wall, E. S., El Amrani, S., Ibne Hossain, N. U., & Elakramine, F. (2021). An assessment of individuals' systems thinking skills via immersive virtual reality complex system scenarios. *Systems*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/systems9020040>
- De Luca, V., Gatto, C., Liaci, S., Corchia, L., Chiarello, S., Faggiano, F., Sumerano, G., & De Paolis, L. T. (2023). Virtual Reality and Spatial Augmented Reality for Social Inclusion: The "Includiamoci" Project. *Information (Switzerland)*, 14(1).
<https://doi.org/10.3390/info14010038>
- Delamarre, A., Lisetti, C., & Buche, C. (2020). Modeling Emotions for Training in Immersive Simulations (METIS): A Cross-Platform Virtual Classroom Study. *Adjunct Proceedings of the 2020 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR-Adjunct 2020*. <https://doi.org/10.1109/ISMAR-Adjunct51615.2020.00036>
- DESDElared. (2024). 86 mil personas tienen alguna discapacidad en Aguascalientes. https://www.desdelared.com.mx/noticias/2024/01-salud/1202-86-mil-personas-tienen-alguna-discapacidad-en-aguascalientes.html?utm_source=chatgpt.com
- Devon, H. A., Block, M. E., Moyle-Wright, P., Ernst, D. M., Hayden, S. J., Lazzara, D. J., Savoy, S. M., & Kostas-Polston, E. (2007). A psychometric toolbox for testing validity

and reliability. *Journal of Nursing Scholarship*, 39(2). <https://doi.org/10.1111/j.1547-5069.2007.00161.x>

Dewi, S. S., Dalimunthe, H. A., & Faadhil, . (2018). The Effectiveness of Universal Design for Learning. *Journal of Social Science Studies*, 6(1).
<https://doi.org/10.5296/jss.v6i1.14042>

Dombrowski, M., Buysens, R., & Smith, P. A. (2018). Virtual reality training to enhance motor skills. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10909 LNCS.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-91581-4_29

Doolani, S., Wessels, C., Kanal, V., Sevastopoulos, C., Jaiswal, A., Nambiappan, H., & Makedon, F. (2020). A Review of Extended Reality (XR) Technologies for Manufacturing Training. *Technologies*, 8(4).
<https://doi.org/10.3390/technologies8040077>

Dopp, A. R., Parisi, K. E., Munson, S. A., & Lyon, A. R. (2019). A glossary of user-centered design strategies for implementation experts. *Translational Behavioral Medicine*, 9(6). <https://doi.org/10.1093/tbm/iby119>

Dubé, J. É. (2008). Evaluación del acuerdo interjueces en investigación clínica Breve introducción a la confiabilidad interjueces. In *Revista Argentina de Clínica Psicológica* (Vol. 17, Issue 1).

Flores-Camacho, F. (2012). *La enseñanza de la ciencia en la educación básica en México* (1st ed.). Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación.

Fominykh, M., Wild, F., Klamma, R., Billinghamst, M., Costiner, L. S., Karsakov, A., Mangina, E., Molka-Danielsen, J., Pollock, I., Preda, M., & Smolic, A. (2020). Developing a Model Augmented Reality Curriculum. *Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, ITiCSE*.
<https://doi.org/10.1145/3341525.3394991>

Fraga Viera, D., Gonzalez-González, C., Gil Iranzo, R., Paderewski, P., & Gutiérrez Vela, F. L. (2020). Inclusive Design Toolkit for the Creation of Intergenerational Gamified Experiences. *ACM International Conference Proceeding Series*.
<https://doi.org/10.1145/3434780.3436697>

- Garrido, D., Jacob, J., & Silva, D. C. (2021). Building a Prototype for Easy to Use Collaborative Immersive Analytics. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 12742 LNCS. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77961-0_50
- Garzón, J. (2021). An overview of twenty-five years of augmented reality in education. In *Multimodal Technologies and Interaction* (Vol. 5, Issue 7). <https://doi.org/10.3390/mti5070037>
- Giugni O., M., & Loaiza B., R. (2008). Metodología para el desarrollo de portales centrada en el usuario: una evaluación empírica. *Télématique: Revista Electrónica de Estudios Telemáticos*, 7(3).
- Gomes, A., Figueiredo, L., Correia, W., Teichrieb, V., Quintino, J., Da Silva, F. Q. B., Santos, A., & Pinho, H. (2020). Extended by Design: A Toolkit for Creation of XR Experiences. *Adjunct Proceedings of the 2020 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR-Adjunct 2020*. <https://doi.org/10.1109/ISMAR-Adjunct51615.2020.00029>
- Gómez, O. S., Aguilar, R. A., & P., U. J. (2019). Experimentación en Ingeniería de Software. *Ingeniería de Software En México: Educación, Industria e Investigación*, 205–230.
- Gómez, O. S., Ucán, J. P., & Gómez, G. E. (2013). Aplicación del proceso de experimentación a la Ingeniería de Software. In *Abstraction & Application* (Vol. 8).
- González, F. (1994). *F. González Franco*.
- Goswami, T., Arora, T., & Ranade, P. (2021). Enhancing Memory Skills of Autism Spectrum Disorder Children using Gamification. *Journal of Pharmaceutical Research International*. <https://doi.org/10.9734/jpri/2021/v33i34b31854>
- Grant, C., & Mairn, C. (2020). 3D, virtual, augmented, extended, mixed reality, and extended content forms: The technology and the challenges. *Information Services and Use*, 40(3). <https://doi.org/10.3233/ISU-200086>
- Guedes, L. S., Marques, L. A., & Vítório, G. (2020). Enhancing interaction and accessibility in museums and exhibitions with augmented reality and screen readers. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial*

Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 12376 LNCS.

https://doi.org/10.1007/978-3-030-58796-3_20

Gulati, U., & Vatanawood, W. (2019). Transforming flowchart into coloured petri nets. *ACM International Conference Proceeding Series*.

<https://doi.org/10.1145/3374549.3374568>

Guo, X., Guo, Y., & Liu, Y. (2021). The development of extended reality in education: Inspiration from the research literature. *Sustainability (Switzerland)*, 13(24).

<https://doi.org/10.3390/su132413776>

Hall Ed., T. E., Meyer Ed., A., & Rose Ed., D. H. (2012). Universal Design for Learning in the Classroom: Practical Applications. What Works for Special-Needs Learners Series. In *Guilford Publications*.

Hamzah, M. L., Ambiyar, Rizal, F., Simatupang, W., Irfan, D., & Refdinal. (2021). Development of Augmented Reality Application for Learning Computer Network Device. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 15(12).

<https://doi.org/10.3991/ijim.v15i12.21993>

Hardgrave, B. C., Davis, F. D., & Riemenschneider, C. K. (2003). Investigating determinants of software developers' intentions to follow methodologies. *Journal of Management Information Systems*, 20(1).

<https://doi.org/10.1080/07421222.2003.11045751>

Hernandez Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2013). Metodologia de la Investigacion Hernandez Sampieri 6a Edicion. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).

Holloway, C. (2019). Disability interaction (DIX): A manifesto. *Interactions*, 26(2).

<https://doi.org/10.1145/3310322>

Holloway, C., & Barbareschi, G. (2021). Disability Interactions: Creating Inclusive Innovations. *Synthesis Lectures on Human-Centered Informatics*, 14(6).

<https://doi.org/10.2200/s01141ed1v01y202111hci053>

Humanante-Ramos, P., García-Peñalvo, F., & Conde-González, M. (2017). Entornos personales de aprendizaje móvil: una revisión sistemática de la literatura. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 20(2).

<https://doi.org/10.5944/ried.20.2.17692>

i Saltiveri, G. T. (2004). *MPlu+a. Una metodología que integra la Ingeniería del Software, la Interacción Persona-Ordenador y la Accesibilidad en el contexto de equipos de desarrollo multidisciplinares*. Universidad de Lleida, España.

Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers and Education*, 123.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>

IEEE. (1993). IEEE Guide for Software Verification and Validation Plans. In *IEEE Std 1059-1993*.

INEGI. (2024). *ESTADÍSTICAS A PROPÓSITO DEL DÍA INTERNACIONAL DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD*.

ISO. (1994). ISO 13407: Human Centred Design Process for Interactive Systems. *Human Factors*.

Jiménez, R. (2014). Realidad Virtual, su Presente y Futuro. *Universidad Católica Nuestra Señora de La Asunción*, 1.

Johnston, D., Egermann, H., & Kearney, G. (2019). Measuring the behavioral response to spatial audio within a multi-modal virtual reality environment in children with autism spectrum disorder. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(15).

<https://doi.org/10.3390/app9153152>

Jones, P. R., Somoskeöy, T., Chow-Wing-Bom, H., & Crabb, D. P. (2020). Seeing other perspectives: evaluating the use of virtual and augmented reality to simulate visual impairments (OpenVisSim). *Npj Digital Medicine*, 3(1).

<https://doi.org/10.1038/s41746-020-0242-6>

Kalton, G., & Flores-Cervantes, I. (2003). Weighting methods. *Journal of Official Statistics*, 19(2).

Kato, H., & Billinghurst, M. (1999). Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system. *Proceedings - 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality, IWAR 1999*.

<https://doi.org/10.1109/IWAR.1999.803809>

- Kavanagh, S., Luxton-Reilly, A., Wuensche, B., & Plimmer, B. (2017). A systematic review of Virtual Reality in education. In *Themes in Science & Technology Education* (Vol. 10, Issue 2).
- Kern, A. C., & Ellermeier, W. (2020). Audio in VR: Effects of a Soundscape and Movement-Triggered Step Sounds on Presence. *Frontiers in Robotics and AI*, 7. <https://doi.org/10.3389/frobt.2020.00020>
- Khan, A., & Khusro, S. (2021). An insight into smartphone-based assistive solutions for visually impaired and blind people: issues, challenges and opportunities. In *Universal Access in the Information Society* (Vol. 20, Issue 2). <https://doi.org/10.1007/s10209-020-00733-8>
- Kieran, L., & Anderson, C. (2019). Connecting Universal Design for Learning With Culturally Responsive Teaching. *Education and Urban Society*, 51(9). <https://doi.org/10.1177/0013124518785012>
- Konig, S., Sieve, D., & Wundenberg, S. (n.d.). *Leveraging Documentation Data in Smart Maintenance and Training*.
- Krajčovič, M., Gabajová, G., Matys, M., Grznár, P., Dulina, L., & Kohár, R. (2021). 3d interactive learning environment as a tool for knowledge transfer and retention. *Sustainability (Switzerland)*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/su13147916>
- Kulkarni, D. R. N., & Prasad, P. P. R. (2021). Abstraction Of UML Class Diagram From The Input Java Program. *International Journal of Advanced Networking and Applications*, 12(04). <https://doi.org/10.35444/ijana.2021.12406>
- Kulzer, M., & Burmester, M. (2020). Towards explainable and sustainable wow experiences with technology. *Multimodal Technologies and Interaction*, 4(3). <https://doi.org/10.3390/mti4030049>
- Kyrychok, A. P. (2019). Money making technology for visually impaired people. *Science and Education a New Dimension*, VII(215)(26). <https://doi.org/10.31174/send-nt2019-215vii26-15>
- Lanter, D., & Essinger, R. (2017). User-centered design. *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology*, 1–4.

- Lazaro, M. J., Kim, S., Lee, J., Chun, J., Kim, G., Yang, E. J., Bilyalova, A., & Yun, M. H. (2021). A Review of Multimodal Interaction in Intelligent Systems. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 12762 LNCS. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78462-1_15
- Le, D. H., Temme, G., & Oehl, M. (2020). Automotive eHMI Development in Virtual Reality: Lessons Learned from Current Studies. *Communications in Computer and Information Science*, 1294. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60703-6_76
- Le Noury, P., Polman, R., Maloney, M., & Gorman, A. (2022). A Narrative Review of the Current State of Extended Reality Technology and How it can be Utilised in Sport. In *Sports Medicine* (Vol. 52, Issue 7). <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01669-0>
- Lee, L. N., Kim, M. J., & Hwang, W. J. (2019). Potential of augmented reality and virtual reality technologies to promotewellbeing in older adults. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 9, Issue 17). <https://doi.org/10.3390/app9173556>
- Liang, C. J., Start, C., Boley, H., Kamat, V. R., Menassa, C. C., & Aebbersold, M. (2021). Enhancing stroke assessment simulation experience in clinical training using augmented reality. *Virtual Reality*, 25(3). <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00475-1>
- Lin, A. J., Chen, C. B., & Cheng, F. F. (2018). Virtual Reality Games for Health Care. *MATEC Web of Conferences*, 232. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201823201047>
- Lozano, M. D., Penichet, V. M. R., Leporini, B., & Fernando, A. (2018, July 1). *Tangible User Interfaces to Ease the Learning Process of Visually-Impaired Children*. <https://doi.org/10.14236/ewic/HCI2018.87>
- MacHado, A., Veras, R., Aires, K., & Britto Neto, L. D. S. (2021). A Systematic Review on Product Recognition for Aiding Visually Impaired People. *IEEE Latin America Transactions*, 19(4). <https://doi.org/10.1109/TLA.2021.9448542>
- Makhataeva, Z., & Varol, H. A. (2020). Augmented reality for robotics: A review. In *Robotics* (Vol. 9, Issue 2). <https://doi.org/10.3390/ROBOTICS9020021>
- Mann, S., Furness, T., Yuan, Y., Iorio, J., & Wang, Z. (2018). All Reality: Values, taxonomy, and continuum, for Virtual, Augmented, eXtended/MiXed (X), Mediated (X,Y), and Multimediated Reality/Intelligence. *Awe, X*.

- Maples, D. H., & Dima, D. M. (2021). Affectual dramaturgy for augmented reality immersive heritage performance. *Body, Space and Technology*, 20(1).
<https://doi.org/10.16995/bst.368>
- Marshall, P. (2007). Do tangible interfaces enhance learning? *TEI'07: First International Conference on Tangible and Embedded Interaction*.
<https://doi.org/10.1145/1226969.1227004>
- Martín-Sabarís, R. M., & Brossy-Scaringi, G. (2017). La realidad aumentada aplicada al aprendizaje en personas con Síndrome de Down: Un estudio exploratorio. *Revista Latina de Comunicacion Social*, 72. <https://doi.org/10.4185/RLCS-2017-1189>
- Mathew, P., & Pillai, A. (2020). Role of Immersive (XR) Technologies in Improving Healthcare Competencies: A Review. *Virtual and Augmented Reality in Education, Art, and Museums*, 23–46.
- Matthews, B., See, Z. S., & Day, J. (2021). Crisis and extended realities: remote presence in the time of COVID-19. *Media International Australia*, 178(1).
<https://doi.org/10.1177/1329878X20967165>
- McLeod, S. (2024). *The Concrete Operational Stage of Cognitive Development*. Simply Psychology. <https://www.simplypsychology.org/concrete-operational.html>
- McMahon, D. (2018). *Augmented Reality & Virtual Reality: Connecting Emerging Technologies to the UDL Framework*.
- McMahon, D. D., & Walker, Z. (2019). Leveraging emerging technology to design an inclusive future with universal design for learning. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 9(3). <https://doi.org/10.26529/cepsj.639>
- Méndez, E., & Garrido, R. (2006). *Modelo de evaluación de metodologías para el desarrollo de software* [Universidad Catolica Andres Bello].
<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAQ7365.pdf>
- Milgram, P., & Takemura, H. (1994). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. ... of *Telemanipulator and ...*, 2351.
- Moleko, M. M. (2021). Multiple means of engagement strategies for maximising the learning of mathematics in pandemic-regulated classrooms. *International Journal of*

Learning, Teaching and Educational Research, 20(8).

<https://doi.org/10.26803/IJLTER.20.8.5>

Moore, S. L. (2007). David H. Rose, Anne Meyer, Teaching Every Student in the Digital Age: Universal Design for Learning. *Educational Technology Research and Development*, 55(5). <https://doi.org/10.1007/s11423-007-9056-3>

Mosher, M. A., & Carreon, A. C. (2021). Teaching social skills to students with autism spectrum disorder through augmented, virtual and mixed reality. *Research in Learning Technology*, 29. <https://doi.org/10.25304/rlt.v29.2626>

Mosher, M. A., Carreon, A. C., Craig, S. L., & Ruhter, L. C. (2022). Immersive Technology to Teach Social Skills to Students with Autism Spectrum Disorder: a Literature Review. In *Review Journal of Autism and Developmental Disorders* (Vol. 9, Issue 3). <https://doi.org/10.1007/s40489-021-00259-6>

Mustafa, M., & Aldein, O. (2020). *Examining Perception of Malaysian autistic children social interaction for Virtual Reality*.

Neira-Tovar, L., & Castilla Rodriguez, I. (2017). A virtual reality tool applied to improve the effects on chronic diseases - case: Emotional effects on T2DM. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 10280). https://doi.org/10.1007/978-3-319-57987-0_34

Nguyen, T. V., Kamma, S., Adari, V., Lesthaeghe, T., Boehnlein, T., & Kramb, V. (2021). Mixed reality system for nondestructive evaluation training. *Virtual Reality*, 25(3). <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00483-1>

Nielsen, J. (1995). How to conduct a heuristic evaluation. *Nielsen Norman Group*, 1, 1–8.

Norouzi, N., Bölling, L., Bruder, G., & Welch, G. (2019). Augmented rotations in virtual reality for users with a reduced range of head movement. *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering*, 6. <https://doi.org/10.1177/2055668319841309>

Nowak, A., Woźniak, M., Pieprzowski, M., & Romanowski, A. (2019). Advancements in medical practice using mixed reality technology. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 939. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16681-6_43

- Organizacion Mundial de la Salud. (2023). *Discapacidad*.
- Pallot, M., & Richir, S. (2016). Laval Virtual Vision 2025: Blurring the lines between digital and physical worlds. *Proc. 11th Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Associated Technologies*.
- Panagiotidis, P. (2021). Virtual Reality Applications and Language Learning. *International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education*, 12(1).
<https://doi.org/10.20533/ijcdse.2042.6364.2021.0543>
- Parnas, D. L., & Clements, P. C. (1985). A rational design process: How and why to fake it. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 186 LNCS.
https://doi.org/10.1007/3-540-15199-0_6
- Parody, L. M., Leiva, J.-J., & Santos-Villalba, M. J. (2022). El Diseño Universal para el Aprendizaje en la Formación Digital del Profesorado desde una Mirada Pedagógica Inclusiva. *Revista Latinoamericana de Educación Inclusiva*, 16(2).
<https://doi.org/10.4067/s0718-73782022000200109>
- Parras-Burgos, D., Fernández-Pacheco, D. G., Barbosa, T. P., Soler-Méndez, M., & Molina-Martínez, J. M. (2020). An augmented reality tool for teaching application in the agronomy domain. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(10).
<https://doi.org/10.3390/app10103632>
- Pastor, C., Sánchez, J. M., & Zubillaga, A. (2014). *Pautas sobre el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA)*. https://www.educadua.es/doc/dua/dua_pautas_intro_cv.pdf
- Perez Canepa, K. N. (2020). *Calidad de la página web y la realidad virtual en la intención de compra de los clientes mujeres y hombres de 25 a 55 años de Lima Metropolitana, de la industria inmobiliaria* [Universidad peruana de ciencias aplicadas].
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/652698/Perez_CK.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., & Mattsson, M. (2008). Systematic mapping studies in software engineering. *12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, EASE 2008*. <https://doi.org/10.14236/ewic/ease2008.8>

- Pettersson, I., Karlsson, M. A., & Ghiurau, F. T. (2019). Virtually the same experience? Learning from user experience evaluation of in-vehicle systems in VR and in the field. *DIS 2019 - Proceedings of the 2019 ACM Designing Interactive Systems Conference*. <https://doi.org/10.1145/3322276.3322288>
- Pinzón, I. D., & Moreno, J. E. (2020). Realidad virtual como medio facilitador de actividad física en población en situación de discapacidad. *Cuerpo, Cultura y Movimiento*, 10(2). <https://doi.org/10.15332/2422474x/6232>
- Porter, C. D., Smith, J. R. H., Stagar, E. M., Simmons, A., Nieberding, M., Orban, C. M., Brown, J., & Ayers, A. (2020). Using virtual reality in electrostatics instruction: The impact of training. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020119>
- Pressman, R. (2005). Ingeniería del Software - Un enfoque práctico - Sexta Edición. In *Journal of Chemical Information and Modeling*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Puthenpura, V., & Marks, A. M. (2021). Clinical Application of Digital Technologies in Adolescent and Young Adult Oncology Supportive Care. In *Journal of Adolescent and Young Adult Oncology* (Vol. 10, Issue 2). <https://doi.org/10.1089/jayao.2020.0153>
- Putra, K. R., Umaroh, S., & Rafina, N. (2024). Web Accessibility Evaluation Using WCAG 2.0 and User-Centered Design Method. *E3S Web of Conferences*, 484. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448402002>
- Ratcliffe, J., Soave, F., Bryan-Kinns, N., Tokarchuk, L., & Farkhatdinov, I. (2021). Extended reality (xr) remote research: A survey of drawbacks and opportunities. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*. <https://doi.org/10.1145/3411764.3445170>
- Rechowicz, K. J., Diallo, S. Y., Solomon, J., & D'An, K. B. (2019). Designing modeling and simulation user experiences: An empirical study using virtual art creation. *Proceedings - Winter Simulation Conference, 2018-December*. <https://doi.org/10.1109/WSC.2018.8632487>
- Rings, S., Steinicke, F., Picker, T., & Prasuhn, C. (2020). Memory Journalist: Creating Virtual Reality Exergames for the Treatment of Older Adults with Dementia.

Proceedings - 2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces, VRW 2020. <https://doi.org/10.1109/VRW50115.2020.00194>

Roberts, T. L., Gibson, M. L., Fields, K. T., & Kelly Rainer, R. (1998). Factors that impact implementing a system development methodology. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 24(8). <https://doi.org/10.1109/32.707699>

Roda-Segarra, J., Mengual-Andres, S., & Martinez-Roig, R. (2022). Using Virtual Reality in Education: A bibliometric analysis. *Campus Virtuales*, 11(1). <https://doi.org/10.54988/cv.2022.1.1006>

Rodríguez-Cano, S., Delgado-Benito, V., Ausín-Villaverde, V., & Martín, L. M. (2021). Design of a virtual reality software to promote the learning of students with dyslexia. *Sustainability (Switzerland)*, 13(15). <https://doi.org/10.3390/su13158425>

Rogers-Shaw, C., Carr-Chellman, D. J., & Choi, J. (2018). Universal Design for Learning: Guidelines for Accessible Online Instruction. *Adult Learning*, 29(1). <https://doi.org/10.1177/1045159517735530>

Rogge, N., & Janssen, J. (2019). The Economic Costs of Autism Spectrum Disorder: A Literature Review. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 49(7). <https://doi.org/10.1007/s10803-019-04014-z>

Ruiz De Gauna, D. E., Villalonga, C., & Sanchez, L. E. (2020). Multi-agent systems in the field of urbane-mobility: A Systematic Review. *IEEE Latin America Transactions*, 18(12). <https://doi.org/10.1109/TLA.2020.9400447>

Sala, N. (2021). Extended reality in education. *Chaos & Complexity*, 15.

Salomoni, P., Prandi, C., Roccetti, M., Casanova, L., Marchetti, L., & Marfia, G. (2017). Diegetic user interfaces for virtual environments with HMDs: a user experience study with oculus rift. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 11(2). <https://doi.org/10.1007/s12193-016-0236-5>

Sari, A. C., Fadillah, A. M., Jonathan, J., & Prabowo, M. R. D. (2019). Interactive gamification learning media application for blind children using android smartphone in Indonesia. *Procedia Computer Science*, 157. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.018>

- Segura, E. M., Vidal, L. T., Bel, L. P., & Waern, A. (2019). Circus, play and technology probes: Training body awareness and control with children. *DIS 2019 - Proceedings of the 2019 ACM Designing Interactive Systems Conference*.
<https://doi.org/10.1145/3322276.3322377>
- Semerikov, S. O., Mintii, M. M., & Mintii, I. S. (2021). Review of the course “Development of Virtual and Augmented Reality Software” for STEM teachers: Implementation results and improvement potentials. *CEUR Workshop Proceedings*, 2898.
- Shaer, O., & Hornecker, E. (2009). Tangible User Interfaces: Past, present, and future directions. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*.
<https://doi.org/10.1561/11000000026>
- Shanmugam, M., Sudha, M., Lavitha, K., Prasanna Venkatesan, V., & Keerthana, R. (2019). Research opportunities on virtual reality and augmented reality: A survey. *2019 IEEE International Conference on System, Computation, Automation and Networking, ICSCAN 2019*. <https://doi.org/10.1109/ICSCAN.2019.8878796>
- Shum, A., Holmes, K., Woolery, K., Price, M., Kim, D., Dvorkina, E., & Malekzadeh, S. (2016). Inclusive: A Microsoft Design Toolkit. *M. Price Etc. Microsoft Design*, 32.
- Siriporn, C., Panita, W., & Prachyanun, N. (2021). Creative Design Thinking Learning Model Integrated Immersive Experiential Marketing to Enhance Digital Entrepreneurs. *International Journal of Trade, Economics and Finance*.
<https://doi.org/10.18178/ijtef.2021.12.1.689>
- Slatman, S., Ostelo, R., van Goor, H., Staal, J. B., & Knoop, J. (2023). Physiotherapy with integrated virtual reality for patients with complex chronic low back pain: protocol for a pragmatic cluster randomized controlled trial (VARIETY study). *BMC Musculoskeletal Disorders*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12891-023-06232-0>
- Somma, F., Di Fuccio, R., Lattanzio, L., & Ferretti, F. (2021). Multisensorial tangible user interface for immersive storytelling: A usability pilot study with a visually impaired child. *CEUR Workshop Proceedings*, 2817.
- Sommerville, I. (2011). Ingeniería de Software. In *Software Engineering*.
- Soriano, G. (2021). HAY 71 MIL 294 PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN AGUASCALIENTES ACORDE A DATOS DEL INEGI. LJA-MX.

<https://www.lja.mx/2021/04/hay-71-mil-294-personas-con-discapacidad-en-aguascalientes/>

Stark, E., Kucera, E., Drahos, P., & Haffner, O. (2019). Proposal of mechatronic devices control using mixed reality. *Proceedings of the 2019 Federated Conference on Computer Science and Information Systems, FedCSIS 2019*.
<https://doi.org/10.15439/2019F119>

Stark, E., Kučera, E., & Haffner, O. (2020). Proposal of iot devices control using mixed reality and QR codes. *Journal of Automation, Mobile Robotics and Intelligent Systems*, 14(3). <https://doi.org/10.14313/JAMRIS/3-2020/31>

Stenhoff, D. M., Pennington, R. C., & Tapp, M. C. (2020). Distance Education Support for Students With Autism Spectrum Disorder and Complex Needs During COVID-19 and School Closures. *Rural Special Education Quarterly*, 39(4).
<https://doi.org/10.1177/8756870520959658>

Sukotjo, C., Schreiber, S., Li, J., Zhang, M., Yuan, J. C. C., & Santoso, M. (2021). Development and student perception of virtual reality for implant surgery. *Education Sciences*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/educsci11040176>

Sunrise Medical. (2018). *Realidad virtual y discapacidad física: la posibilidad de romper cualquier barrera*. <https://www.sunrisemedical.es/blog/%0Arealidad-virtual-discapacidad/>

Sweetser, Penelope, & Wyeth, P. (2005). GameFlow: a model for evaluating player enjoyment in games. *Computers in Entertainment (CIE)*, 3(3).
<https://doi.org/10.1145/1077246.1077253>

Sweetser, Penny, & Rogalewicz, Z. (2020). Aforing Enjoyment in VR Games: Possibilities, Pitfalls, and Perfection. *Proceedings of 32nd Australian Conference on Human-Computer-Interaction (OzCHI '20)*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1145/3441000.3441050>

Tao, Z., Yuan, F., & Hu, A. (2022). Research on the Application of Virtual Reality in the Treatment of Autism. *CIBDA 2022 - 3rd International Conference on Computer Information and Big Data Applications*.

Toledo, L. A., Garber, M. F., & Madeira, A. B. (2017). Consideraciones acerca del Design

Thinking y Procesos. *Revista Gestão & Tecnologia*, 17(3).

<https://doi.org/10.20397/2177-6652/2017.v17i3.1198>

Trujillo Suárez, M., Aguilar, J. J., & Neira, C. (2016). Los métodos más característicos del diseño centrado en el usuario -DCU-, adaptados para el desarrollo de productos materiales. *Iconofacto*, 12(19). <https://doi.org/10.18566/iconofact.v12.n19.a09>

Urrutia, F. Z., Loyola, C. C., & Marín, M. H. (2019). A tangible user interface to facilitate learning of trigonometry. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(23). <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i23.11433>

van Wyk, E. A., & de Villiers, M. R. (2019). An evaluation framework for virtual reality safety training systems in the South African mining industry. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 119(5). <https://doi.org/10.17159/2411-9717/53/2019>

Vásquez-Carbonell, M., & Silva-Ortega, J. (1960). Tendencias y características de la realidad virtual : Una revisión de la literatura entre los años 2017 y 2018. *Computer and Electronic Sciences: Theory and Applications*, 1(1).

Vega, G., Ávila, J., Vega, A., Camacho, N., Becerril, A., & Leo, G. (2014). Paradigmas en la investigación. Enfoque Cuantitativo y Cualitativo. *European Scientific Journal*, 10(15).

Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). Theoretical extension of the Technology Acceptance Model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46(2). <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>

Ventura, S. M., Castronovo, F., & Ciribini, A. L. C. (2020). A design review session protocol for the implementation of immersive virtual reality in usability-focused analysis. *Journal of Information Technology in Construction*, 25. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2020.014>

Vi, S., da Silva, T. S., & Maurer, F. (2019). User Experience Guidelines for Designing HMD Extended Reality Applications. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 11749 LNCS. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29390-1_18

Wahyudi, H., Muzayyinah, A.-U., & Yoga, I. D. (2023). Development of HICAH Learning

Media (Count Fractions) for Blind Students in Makassar. *Journal of ICSAR*, 7(1), 10–17. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17977/um005v7i12023p10>

Wiederhold, B. K., & Rizzo, A. (2005). Virtual reality and applied psychophysiology. In *Applied Psychophysiology Biofeedback* (Vol. 30, Issue 3). <https://doi.org/10.1007/s10484-005-6375-1>

Wienrich, C., & Gramlich, J. (2020). AppRaiseVR-An Evaluation Framework for Immersive Experiences. *I-Com*, 19(2). <https://doi.org/10.1515/icom-2020-0008>

Wu, B., Yu, X., & Gu, X. (2020). Effectiveness of immersive virtual reality using head-mounted displays on learning performance: A meta-analysis. In *British Journal of Educational Technology* (Vol. 51, Issue 6). <https://doi.org/10.1111/bjet.13023>

Xiong, J., Hsiang, E. L., He, Z., Zhan, T., & Wu, S. T. (2021). Augmented reality and virtual reality displays: emerging technologies and future perspectives. In *Light: Science and Applications* (Vol. 10, Issue 1). <https://doi.org/10.1038/s41377-021-00658-8>

Xu, D., Read, J. C., Mazzone, E., & Brown, M. (2007). Designing and testing a tangible interface prototype. *Proceedings of the 6th International Conference on Interaction Design And Children, IDC 2007*. <https://doi.org/10.1145/1297277.1297282>

Younes, G., Kahil, R., Jallad, M., Asmar, D., Elhajj, I., Turkiyyah, G., & Al-Harithy, H. (2017). Virtual and augmented reality for rich interaction with cultural heritage sites: A case study from the Roman Theater at Byblos. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2017.03.002>

Zeidan, J., Fombonne, E., Scolah, J., Ibrahim, A., Durkin, M. S., Saxena, S., Yusuf, A., Shih, A., & Elsabbagh, M. (2022). Global prevalence of autism: A systematic review update. In *Autism Research* (Vol. 15, Issue 5). <https://doi.org/10.1002/aur.2696>

Zucchi, S., Fuchter, S. K., Salazar, G., & Alexander, K. (2020). Combining immersion and interaction in XR training with 360-degree video and 3D virtual objects. *2020 23rd IEEE International Symposium on Measurement and Control in Robotics, ISMCR 2020*. <https://doi.org/10.1109/ISMCR51255.2020.9263732>

Anexos

Anexo A Actividades de la etapa de Análisis de la Metodología MEEXUU

A.1 Extracción de requerimientos

Extracción de requerimientos

En esta Actividad se debe trabajar en conjunto con el usuario final y los expertos en el tema que se desea tratar para identificar el problema que se quiere resolver, los servicios que debe ofrecer el sistema, así como las restricciones que se pueden presentar.

Nombre del proyecto

En esta sección se define un nombre al proyecto, este puede ir cambiando conforme el avance de este.

Características del usuario objetivo

En esta sección se establecen las características físicas de la persona objetivo con la intención de saber los distintos medios de interacción de la persona para definir el propósito general, objetivos específicos, Servicios, Restricciones y Requerimientos funcionales y no funcionales.

Propósito general

En esta sección se define el propósito general del proyecto en colaboración con el usuario y los expertos en el tema que se desea tratar.

Objetivos específicos

En esta sección se define los objetivos específicos que nos permitirán llegar a la solución del propósito general.

Servicios

En esta sección se definen los principales servicios que la aplicación deberá prestar al usuario final una vez concluido el proceso de desarrollo.

Restricciones

En esta sección se plantearán las posibles restricciones que pueden ser parte del proyecto.

Definición de Requerimientos funcionales y No funcionales del sistema.

Requerimientos funcionales: Son enunciados acerca de servicios que el sistema debe proveer, de cómo debería reaccionar el sistema a entradas particulares y de cómo debería comportarse el sistema en situaciones específicas.

Requerimientos no funcionales: Son limitaciones sobre servicios o funciones que ofrece el sistema.

Tabla 1. Ejemplo para la obtención de requerimientos funcionales y No funcionales.

ID.	Nombre	Descripción	Prioridad
Se asignará un id único para identificar dicho requerimiento de otros.	Se asignará un nombre al requerimiento.	Se asignará una prioridad de Baja, Media o Alta.	Se debe describir de la manera precisa la función que se desea cubrir con dicho requerimiento.

Clave	Fecha	Versión	Elaboró	Revisó
Clave del sistema	Fecha en las que se realizó este documento	Versión de documento	Quien elaboró el documento	Quien revisó el documento

Firma del líder del proyecto

Firma del usuario final

A.2 Análisis de requerimientos

Análisis de requerimientos

En esta Actividad se deben identificar posibles problemas con los requerimientos del sistema identificados en la sección de Extracción de requerimientos.

En caso no tener ningún conflicto con el requerimiento se especificará que no se encuentran problemas en él.

ID.	Problemas	Alternativas	Solución
Se asignará un id único para identificar dicho requerimiento de otros.	Se escribirán los posibles problemas encontrados para ese requerimiento	Se propondrán alternativas para resolver el problema con el requerimiento	Se seleccionará la solución al requerimiento.

Clave	Fecha	Versión	Elaboró	Revisó
Clave del sistema	Fecha en las que se realizó este documento	Versión de documento	Quien elaboró el documento	Quien revisó el documento

Firma del líder del proyecto

Firma del usuario final

A.3 Especificación de requerimientos

Especificación de requerimientos

Una vez identificados los requerimientos viables para el proyecto, en esta actividad se realizan especificaciones de los requerimientos funcionales y no funcionales establecidos para el proyecto involucrando al usuario final en su construcción.

Diagrama general de casos de uso

Un caso de uso identifica a los actores implicados en una interacción, y nombra el tipo de interacción.

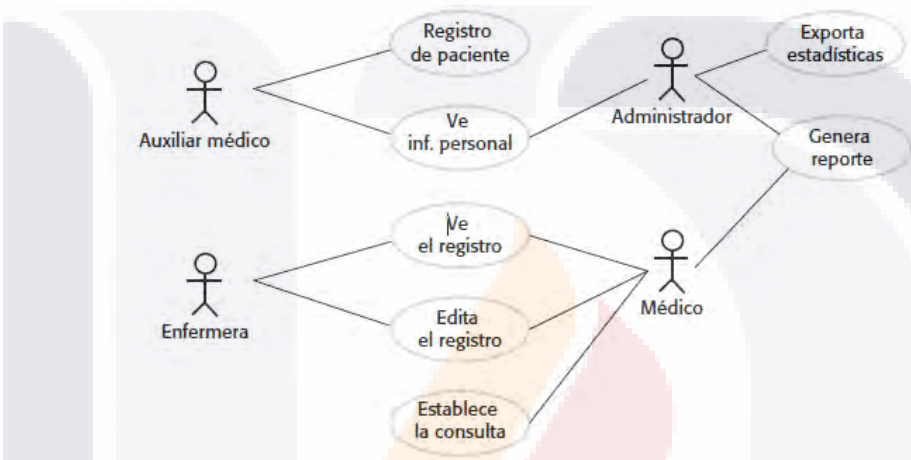


Ilustración 1. Ejemplo de un caso de uso. Fuente: (Sommerville, 2011).

Diagrama de casos de uso específicos.

En esta sección se definirán los casos de uso que formarán parte del sistema, cada caso de uso debe ser consultado con el usuario final y los expertos en el tema.

Nombre de caso de uso:		Se asignará un nombre al caso de uso	
Id requerimiento:		Cada caso de uso es parte de un requerimiento	
Fecha:	Fecha de creación	Prioridad:	Prioridad del caso de uso
Descripción:		Descripción del caso de uso	
Actores:		Actores involucrados en el caso de uso	
Precondiciones:		Precondiciones para realizar el caso de uso	
Flujo normal:		Flujo en condiciones óptimas del caso de uso	
Flujo alternativo:		Flujo alternativo del caso de uso	
Postcondiciones		Postcondiciones existentes para realizar el caso de uso.	

Clave	Fecha	Versión	Elaboró	Revisó
Clave del sistema	Fecha en las que se realizó este documento	Versión de documento	Quien elaboró el documento	Quien revisó el documento

Firma del líder del proyecto

Firma del usuario final

A.4 Identificación de roles

Identificación de roles

Una vez identificado correctamente el problema a resolver y los requerimientos funcionales y No funcionales, es importante identificar los expertos que formaran parte del diseño y construcción del sistema.

A continuación, se muestran algunos roles que pueden ser parte de un proyecto de software.

- **Usuario:** Ayuda a delimitar las características de la aplicación y evaluar los constantes avances dentro de la metodología.
- **Tester:** Realiza prueba del software y distribuye los resultados obtenidos, además, ayuda al cliente al usuario en pruebas funcionales.
- **Programador:** Se encarga de escribir código y realizar pruebas de este.
- **Diseñador gráfico:** Ayuda al diseño de las interfaces graficas que darán solución al problema establecido.
- **Diseñador 3D:** Ayuda en la generación de contenido 3D para los contenidos de RE.
- **Experto en el área de aprendizaje:** Ayudara a definir junto con el usuario las principales características para dar solución a lo que se desea enseñar.

Identificación de roles

Nombre	Especialidad	Justificación
Se agregará el nombre del especialista que formará parte del proyecto	Se agregará el área del conocimiento en la que es experto	Se justificará el porque es necesario el especialista para cumplir con los objetivos del proyecto.

Clave	Fecha	Versión	Elaboró	Revisó
Clave del sistema	Fecha en las que se realizó este documento	Versión de documento	Quien elaboró el documento	Quien revisó el documento

Firma del líder del proyecto

Firma del usuario final

A.5 Identificación de herramienta

Identificación de herramienta de Realidad Extendida a implementar

Una vez identificados los especialistas que formaran parte del proyecto, se deberá seleccionar la herramienta de Realidad Extendida que será utilizada.

Identificación de Herramienta de Realidad Extendida

Para la identificación de la herramienta de Realidad extendida se presenta la siguiente tabla que contiene sugerencias observadas en la literatura según los distintos tipos de discapacidad.

Usuario	Realidad extendida			
	RV	RA	ITU	LM
TEA	*	*	*	*
Discapacidad visual		*	*	
Discapacidad auditiva		*	*	*
Discapacidad motora		*	*	
Síndrome de down	*	*		
Adulto mayor	*	*	*	

Herramienta seleccionada

En esta sección se agregará el nombre de la herramienta seleccionada

Justificación

Se justificará el porqué de la herramienta seleccionada tomando en consideración las características del usuario final y los requerimientos del proyecto.

Clave Clave del sistema	Fecha Fecha en las que se realizó este documento	Versión Versión de documento	Elaboró Quien elaboró el documento	Revisó Quien revisó el documento
Firma del líder del proyecto			Firma del usuario final	

A.6 Creación de primeros bosquejos gráficos

Creación de primeros bosquejos gráficos

En esta actividad se realizarán los primeros bosquejos de posibles soluciones a los requerimientos del sistema tomando en consideración la herramienta de Realidad Extendida a implementar. Además, se debe aplicar el principio uno del Diseño Universal para el Aprendizaje (Selección de materiales visuales auditivos que sean interactivos y sensoriales).

Formas de representación que serán utilizadas en la aplicación

En esta sección se describirán las formas de presentación del Diseño Universal para el Aprendizaje seleccionadas para la aplicación con base en las características del usuario. Para esto se pueden apoyar en el artefacto DUA_01.

Proporcionar diferentes opciones para la percepción	Proporcionar múltiples opciones para el lenguaje y las expresiones	Proporcionar opciones para la comprensión
---	--	---

Nombre o identificador los bosquejo

Se asignará un nombre o identificador al bosquejo creado

Requerimiento asociado al bosquejo

El bosquejo debe estar asociado al requerimiento que dará solución.

Bosquejo

Se presentará un primer bosquejo de solución, este bosquejo es una primera visualización grafica de cómo solucionar los requerimientos establecidos.

Creación de primeros bosquejos gráficos

En esta actividad se realizarán los primeros bosquejos de posibles soluciones a los requerimientos del sistema tomando en consideración la herramienta de Realidad Extendida a implementar. Además, se debe aplicar el principio uno del Diseño Universal para el Aprendizaje (Selección de materiales visuales auditivos que sean interactivos y sensoriales).

Formas de representación que serán utilizadas en la aplicación

En esta sección se describirán las formas de presentación del Diseño Universal para el Aprendizaje seleccionadas para la aplicación con base en las características del usuario. Para esto se pueden apoyar en el artefacto DUA_01.

Proporcionar diferentes opciones para la percepción	Proporcionar múltiples opciones para el lenguaje y las expresiones	Proporcionar opciones para la comprensión

Nombre o identificador los bosquejo

Se asignará un nombre o identificador al bosquejo creado

Requerimiento asociado al bosquejo

El bosquejo debe estar asociado al requerimiento que dará solución.

Bosquejo

Se presentará un primer bosquejo de solución, este bosquejo es una primera visualización grafica de cómo solucionar los requerimientos establecidos.

Clave	Fecha	Versión	Elaboró	Revisó
Clave del sistema	Fecha en las que se realizó este documento	Versión de documento	Quien elaboró el documento	Quien revisó el documento

Firma del líder del proyecto

Firma del usuario final

A.7 Evaluación de Requerimientos

Evaluación de requerimientos

En esta actividad se realizará una síntesis de los puntos más importantes establecidos en la etapa de análisis los cuales deben de ser evaluados con el usuario final y los expertos en el tema.

Nombre del proyecto

En esta sección se define un nombre al proyecto, este puede ir cambiando conforme el avance de este.

Características del usuario objetivo

En esta sección se establecen las características físicas de la persona objetivo con la intención de saber los distintos medios de interacción de la persona para definir el propósito general, objetivos específicos, Servicios, Restricciones y Requerimientos funcionales y no funcionales.

Propósito general

En esta sección se definirá el propósito general del proyecto en colaboración con el usuario y los expertos en el tema que se desea tratar.

Objetivos específicos

En esta sección se definirán los objetivos específicos que nos permitirán llegar a la solución del propósito general.

Roles establecidos

Nombre	Especialidad
Se agregará el nombre del especialista que formará parte del proyecto	Se agregará el área del conocimiento en la que es experto

Herramienta de Realidad Extendida a utilizar

En esta sección se agregará el nombre de la herramienta seleccionada

Cantidad y nombre de requerimientos funcionales y No funcionales

En esta sección se mostraran la cantidad de requerimientos funcionales y No funcionales que tendrá el sistema.

Requerimiento	Nombre

Cantidad de bosquejos realizados

En esta sección se mostrará la cantidad de bosquejos realizados

Clave	Fecha	Versión	Elaboró	Revisó
Clave del sistema	Fecha en las que se realizó este documento	Versión de documento	Quien elaboró el documento	Quien revisó el documento

Firma del líder del proyecto

Firma del usuario final

Anexo B Actividades de la etapa de Pre-Producción de la Metodología MEEXUU

B.1 Diseño de diagramas de clase

Diseño de diagramas de clase

El diagrama de clases representa el comportamiento estático del sistema de software, que comprende el nombre de la clase, los atributos, las operaciones y las relaciones como la generalización, la agregación asociación, composición e interfaz Kulkarni & Prasad (2021).

En caso de mas información recomendamos consultar el libro: Sommerville, I. (2005). Ingeniería del software. Pearson educación.

Objetivo: En esta actividad se realizará el diagrama de clase de la aplicación de Realidad Extendida a diseñar.

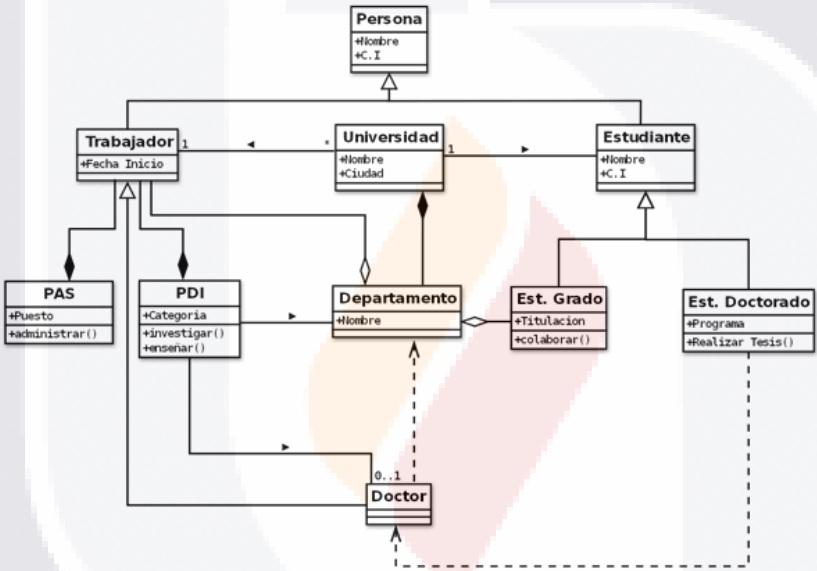


Ilustración 1. Ejemplo de diagrama de clase.

Clave	Fecha	Versión	Elaboró	Revisó
Clave del sistema	Fecha en las que se realizó este documento	Versión de documento	Quien elaboró el documento	Quien revisó el documento

Firma del líder del proyecto

Firma del usuario final

Referencia:

Kulkarni, D. R. N., & Prasad, P. P. R. (2021). Abstraction Of UML Class Diagram From The Input Java Program. *International Journal of Advanced Networking and Applications*, 12(04). <https://doi.org/10.35444/ijana.2021.12406>

B.2 Diseño de estrategias basadas en el DUA para la creación de interfaces graficas

Diseño de estrategias basadas en el DUA para la creación de interfaces graficas

Objetivo: Desarrollar las actividades en base a los tres principios del DUA para identificar las características de los animales mediante juegos, videos, canciones y movimientos corporales para representarlos y comprender los cuidados y protección que necesitan, generando sentimientos de ternura, solidaridad, y autonomía.

Ejemplo 1:

Ámbito: Relaciones con el medio natural y cultural

Rincón: Ciencias

Objetivos a desarrollar	Destreza	Actividades	Recursos	Evaluación	Técnica-instrumento
- Presentar mediante diversos medios información sobre los animales salvajes y domésticos. - Expresar mediante actividades que le motivan a seguir aprendiendo cada vez más	Identificar las características de los animales domésticos y silvestres estableciendo la diferencia entre ellos.	Anticipación - Observar el video de animales domésticos y salvajes y escribe los animales que aparecieron en el cuento y que hicieron cada uno de ellos. - Conversar acerca de los animales que tienen en su casa, ¿Qué les dan de comer? ¿Quién los cuida? Construcción - Describir las características de cada animal de plástico que la maestra entregó, si son animales domésticos o salvajes, como está cubierto su cuerpo, cantas plantas tienen, de que se alimentan y en donde viven. Consolidación - Adivinar mediante un juego de tarjetas que animales, dando algunas de las características. - Jugar a descubrir que animal	Tv DVD Cd Parlante USB	Identifica las características de los animales domésticos y silvestres estableciendo la diferencia entre ellos.	Técnica: Observación Instrumento: Lista de cotejo

Múltiples formas de presentación	Múltiples formas de expresión	Múltiples formas de implicación
En el momento de anticipación está presente el primer principio: - Se presentó materiales de auditivos y visuales e imágenes. - Se dialogó con los niños acerca de la información presentada. - Se realizaron preguntas acerca de lo que observaron.	En la planificación realizada en los momentos de construcción y en consolidación en la está presente este principio: - Se ofrece la posibilidad de interactuar con los materiales presentados mediante la exploración sensorial. - Los niños eligieron los materiales para trabajar fomentando la creatividad y participación. - Ofrece la posibilidad de trabajo individual y grupal como el niño más se acomode.	Esta actividad está presente en los tres momentos: Anticipación, Construcción, Consolidación. - Se brinda materiales llamativos y diferentes que promuevan su atención. - Las actividades eran desarrolladas pensando en todos los niños del aula porque a algunos les gusta aprender viendo videos, imágenes, a otros les gusta la música, y a otros les gusta realizar actividades manuales, motrices para el desarrollo de la experiencia.

Clave	Fecha	Versión	Elaboró	Revisó
Clave del sistema	Fecha en las que se realizó este documento	Versión de documento	Quien elaboró el documento	Quien revisó el documento

Firma del líder del proyecto

Firma del usuario final

Referencia:

Gulati, U., & Vatanawood, W. (2019). Transforming flowchart into coloured petri nets. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3374549.3374568>

B.3 Diseño de diagramas de flujo

Diseño de diagramas de flujo

El diagrama de flujo es una representación gráfica común de un proceso o una solución paso a paso para un problema que se dibuja simplemente en la etapa de diseño del software. Un diagrama de flujo ayuda a visualizar cómo funciona un algoritmo para resolver un problema mejor que el código fuente del programa (Gulati & Vatanawood, 2019).

En caso de más información recomendamos consultar el libro: Sommerville, I. (2005). Ingeniería del software. Pearson educación.

Objetivo: Realizar el diagrama de flujo de la aplicación de Realidad Extendida a diseñar.

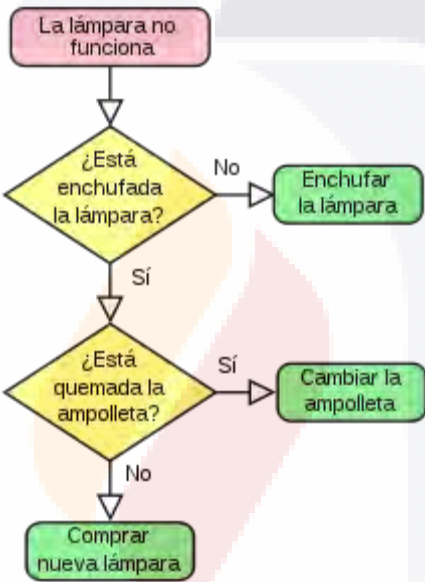


Ilustración 1. Ejemplo de diagrama de flujo.

Clave	Fecha	Versión	Elaboró	Revisó
Clave del sistema	Fecha en las que se realizó este documento	Versión de documento	Quien elaboró el documento	Quien revisó el documento

Firma del líder del proyecto

Firma del usuario final

Referencia:

Gulati, U., & Vatanawood, W. (2019). Transforming flowchart into coloured petri nets. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3374549.3374568>

B.4 Diseño de interfaces estáticas y dinámicas

Diseño de interfaces estáticas y dinámicas.

Para el diseño de las interfaces deben considerar las múltiples formas de implicación establecidas en el artefacto DUA_1 con base a las especificaciones para cada discapacidad, además, se pueden apoyar en los artefactos RE_1, RE2 y GameFlow_1 para mejorar la experiencia de la Realidad Extendida, asimismo, se deberán buscar maneras de motivar al usuario para implicarlo dentro del aprendizaje durante todo el proceso de la actividad mediante dinámicas, juegos, canciones, etc.

Es importante que las interfaces sean aprobadas por el usuario final, antes de pasar a la siguiente etapa.

Objetivo: Diseñar las interfaces estáticas y dinámicas que darán solución al problema al resolver dentro del proyecto.

Clave	Fecha	Versión	Elaboró	Revisó
Clave del sistema	Fecha en las que se realizó este documento	Versión de documento	Quien elaboró el documento	Quien revisó el documento

Firma del líder del proyecto

Firma del usuario final

B.5 Modelado y construcción de la base de datos

Modelado y construcción de la base de datos

Una vez definidas las interfaces gráficas y sus modelos en 3D, se deberá realizar la base de datos donde se guardará la información de los usuarios y sus logros obtenidos en la aplicación con Realidad Extendida

Objetivo: Crear el modelado y construcción de la base de datos para el proyecto.

Clave	Fecha	Versión	Elaboró	Revisó
Clave del sistema	Fecha en las que se realizó este documento	Versión de documento	Quien elaboró el documento	Quien revisó el documento

Firma del líder del proyecto

Firma del usuario final

B.6 Resumen de la aplicación

Resumen de aplicación

En esta actividad se realizará un resumen escrito de las principales actividades de la aplicación, así como la manera de interactuar de sus diferentes componentes, elementos disponibles del usuario, objetivos dentro de la aplicación y como lograrlo, etc.

Clave	Fecha	Versión	Elaboró	Revisó
Clave del sistema	Fecha en las que se realizó este documento	Versión de documento	Quien elaboró el documento	Quien revisó el documento

Firma del líder del proyecto

Firma del usuario final

B.7 Evaluación de diseños

Evaluación de diseños

En esta actividad se realizará una síntesis de los puntos más importantes establecidos en la etapa de pre-producción los cuales deben de ser evaluados con el usuario final y los expertos en el tema.

Diagrama de clase definido

En esta sección se establecerá la versión final del diagrama de clase.

Diagrama de flujo

En esta sección se establecerá la versión final del diagrama de flujo.

Diseño de interfaces

En esta sección se mostrarán algunas versiones finales de las interfaces graficas definidas

Base de datos

En esta sección se agregará el modelo final de la base de datos

NOTA: En caso de considerar posibles cambios se deberán realizar las modificaciones correspondientes.

Clave	Fecha	Versión	Elaboró	Revisó
Clave del sistema	Fecha en las que se realizó este documento	Versión de documento	Quien elaboró el documento	Quien revisó el documento

Firma del líder del proyecto

Firma del usuario final

B.8 Librería de modelos 3D

Librería de modelos 3D.

Debido al amplio uso de modelos en 3D que se utilizan en las aplicaciones de Realidad extendida, en esta actividad se realizará una lista de los objetos que serán parte de la aplicación, describiendo su función.

Objetivo: Identificar los objetos 3D que serán parte de las interfaces de la aplicación de Realidad Extendida.

Nombre	Objeto	Descripción
Mesa de madera		Se utilizará para la representación de mesas dentro del entorno en 3D.
Avatar		Su función será la de proporcionar información al usuario dentro del entorno 3D.
Letra B		Representará la letra "B", además, con ella se podrán realizar palabras o contestar preguntas dentro del entorno 3D.

Clave	Fecha	Versión	Elaboró	Revisó
Clave del sistema	Fecha en la que se realizó este documento	Versión de documento	Quien elaboró el documento	Quien revisó el documento

Firma del líder del proyecto

Firma del usuario final

Diseño y clasificación de los objetos tangibles

Objetivo: Definir los objetos tangibles y su comportamiento.

Id	Representación			Asociación	Manipulación	
	Variable	Token	Restricción	Grafico	Acción	Respuesta
					Agregar	
					Remover	
					Mover	
					Agregar	
					Remover	
					Mover	
					Agregar	
					Remover	
					Mover	

Clave	Fecha	Versión	Elaboró	Revisó
Clave del sistema	Fecha en las que se realizó este documento	Versión de documento	Quien elaboró el documento	Quien revisó el documento

Firma del usuario final

Anexo C actividades de la etapa de Producción de la Metodología

MEEXUU

C.1 Elección del entorno de programación

Elección del entorno de programación

Debido a la gran cantidad de herramientas para implementar realidad extendida es necesario buscar la más adecuada según las características de los usuarios y el proyecto a realizar.

Objetivo: Elegir el entorno de programación que mejor se adecue a las características del proyecto.

Herramienta seleccionada:

Justificación de la herramienta seleccionada:

Clave Clave del sistema	Fecha Fecha en las que se realizó este documento	Versión Versión de documento	Elaboró Quien elaboró el documento	Revisó Quien revisó el documento
----------------------------	---	---------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------

Firma del líder del proyecto

C.2 Creación del entorno de la aplicación

Creación del entorno de la aplicación

Objetivo: En esta actividad se mostrarán evidencias de la creación de los entornos de la aplicación realizada ya implementados en el entorno de desarrollo deseado.

Clave
Clave
del
sistema

Fecha
Fecha en las que
se realizó este
documento

Versión
Versión de
documento

Elaboró
Quien
elaboró el
documento

Revisó
Quien
revisó el
documento

Firma del líder del proyecto

Firma del usuario final

C.4 Arquitectura del sistema



Arquitectura del sistema

El diagrama de clases representa el comportamiento estático del sistema de software, que comprende el nombre de la clase, los atributos, las operaciones y las relaciones como la generalización, la agregación asociación, composición e interfaz Kulkarni & Prasad (2021).

Objetivo: En esta actividad se realizará la arquitectura del sistema demostrando como interactúan sus componentes entre sí. Esto permitirá conocer a personas externas cómo funciona el sistema internamente.

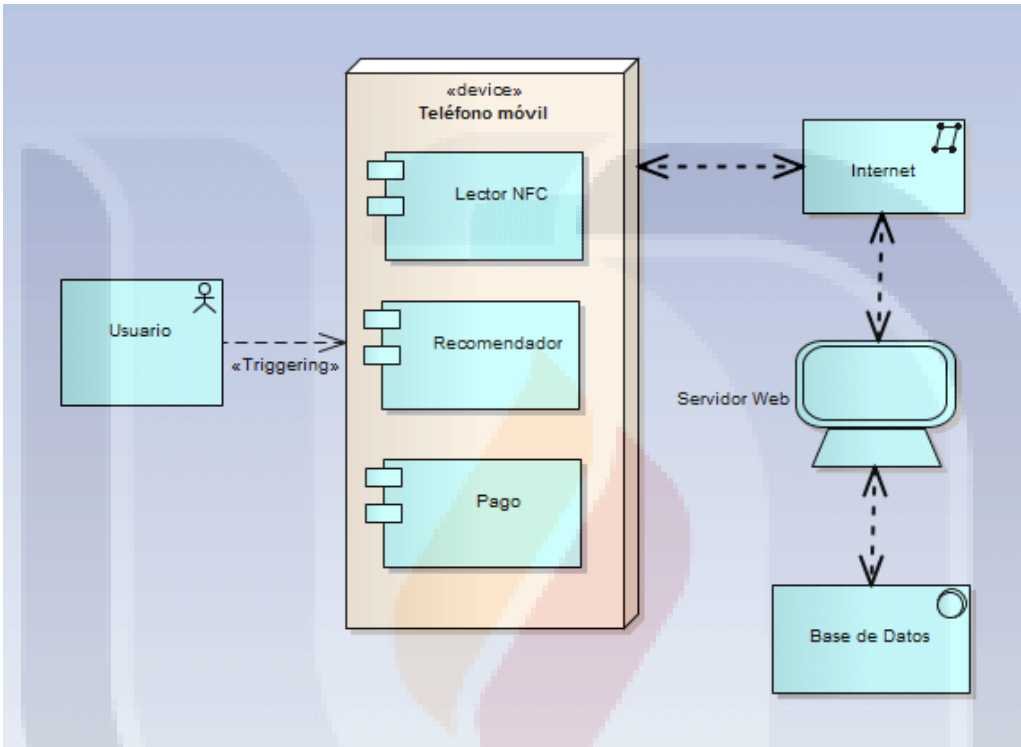


Ilustración 1. Ejemplo de arquitectura implementando UML.

Clave	Fecha	Versión	Elaboró	Revisó
Clave del sistema	Fecha en las que se realizó este documento	Versión de documento	Quien elaboró el documento	Quien revisó el documento

Firma del líder del proyecto

Kulkarni, D. R. N., & Prasad, P. P. R. (2021). Abstraction Of UML Class Diagram From The Input Java Program. *International Journal of Advanced Networking and Applications*, 12(04). <https://doi.org/10.35444/ijana.2021.12406>

C.5 Evaluación de prototipo

Evaluación del prototipo

Objetivo: En esta actividad se describirán las funciones del sistema y se comprobará ejecuten sus tareas correctamente.

Funcionalidad	Estado	Observaciones		
Clave Clave del sistema	Fecha Fecha en las que se realizó este documento	Versión Versión de documento	Elaboró Quien elaboró el documento	Revisó Quien revisó el documento
Firma del líder del proyecto				
Firma del usuario final				

Anexo D actividades de la etapa de Post-Producción de la Metodología
MEEXUU

D.1 Análisis de objetivos

Análisis de objetivos

Objetivo: En esta actividad se analizará el cumplimiento de los objetivos establecidos en la etapa de Análisis, es importante que para la evaluación de dichos objetivos el usuario final se encuentre presente.

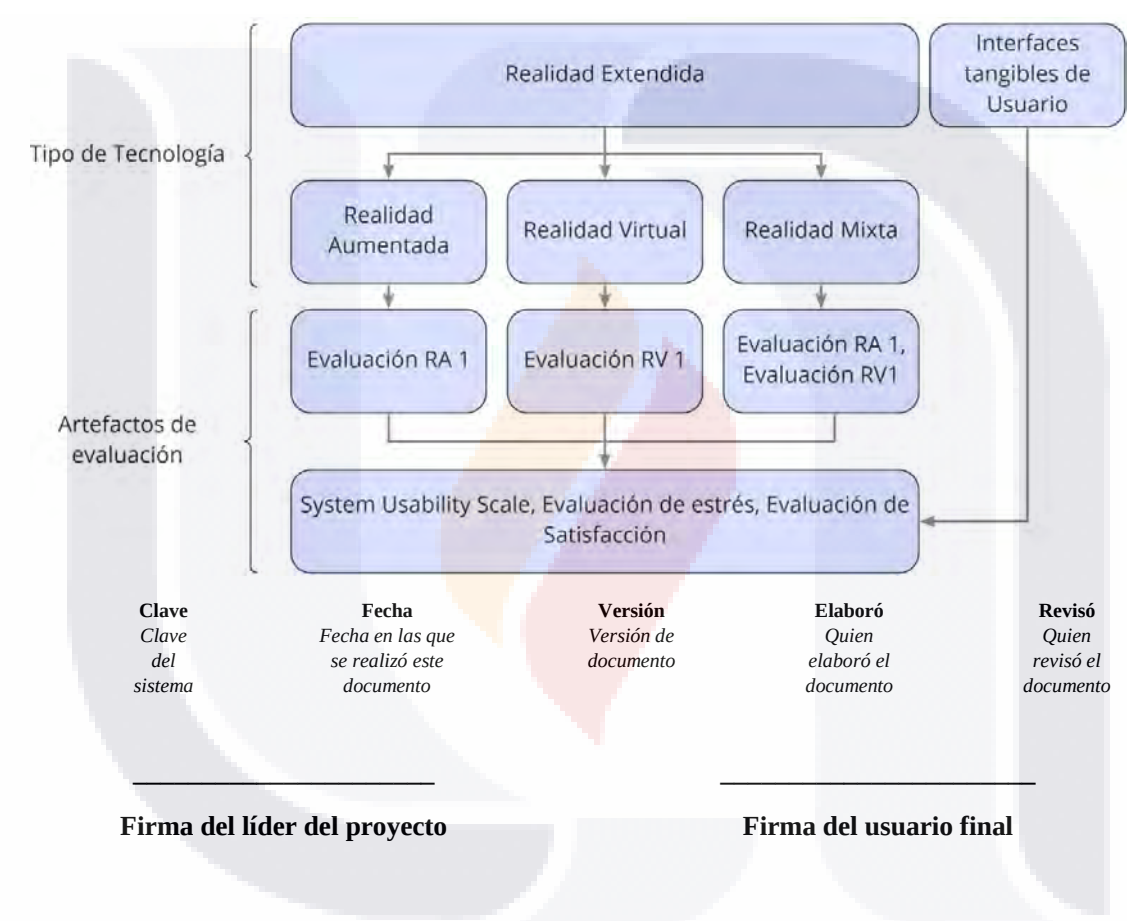
Objetivo		Estado	Observaciones	
Clave Clave del sistema	Fecha Fecha en las que se realizó este documento	Versión Versión de documento	Elaboró Quien elaboró el documento	Revisó Quien revisó el documento
Firma del líder del proyecto			Firma del usuario final	

D.2 Etapa de evaluación

Etapa de Evaluación

Objetivo: Conocer el estado de la aplicación a través de diferentes medios instrumentos de evaluación.

La siguiente imagen muestra los artefactos de evaluación recomendados para cada tipo de tecnología que se haya aplicado, el equipo de desarrollo debe seleccionar los más adecuados para su proyecto y según la característica que deseen evaluar.



D.3 Evaluación de Realidad Extendida

Evaluación de Realidad Extendida

Objetivo: En esta actividad se evaluarán las experiencias de los usuarios finales con base en la tecnología utilizada de realidad extendida. Para esto se pueden valer de cuestionarios, entrevistas y herramientas de recopilación de información.

Clave <i>Clave del sistema</i>	Fecha <i>Fecha en las que se realizó este documento</i>	Versión <i>Versión de documento</i>	Elaboró <i>Quien elaboró el documento</i>	Revisó <i>Quien revisó el documento</i>
Firma del líder del proyecto		Firma del usuario final		

Anexo E Artefactos de la metodología MEEXUU

E.1 Acercamiento con expertos en el usuario objetivo

Acercamiento con expertos en el usuario objetivo

Para la correcta selección de una herramienta de realidad extendida sugerimos el acercamiento con las personas que más conocen al usuario objetivo. Como es el caso de los expertos que trabajan con ellos. Estos pueden ser médicos, psicólogos, enfermeros o aquella persona que sepa identificar de manera correcta las capacidades de interacción y necesidades del usuario que en última instancia utilizará la herramienta de realidad extendida.

Elección de herramienta de RE a evaluar

En este acercamiento, se le debe proporcionar información y esclarecer todas las dudas sobre el proyecto que se desea realizar, además, es importante enseñar las herramientas de Realidad Extendida que se desean probar con el usuario objetivo.

Identificación de aplicación a mostrar

En caso de que el experto de su aprobación para utilizar la herramienta seleccionada el siguiente paso es identificar que aplicación se le mostrará al usuario para que interactúe con la Realidad Extendida. Para la correcta selección de una herramienta de realidad extendida sugerimos el acercamiento con las personas que más conocen al usuario objetivo como es el caso de los expertos que trabajan con ellos. Estos pueden ser médicos, psicólogos, enfermeros o aquella persona que sepa identificar de manera correcta las capacidades de interacción y necesidades del usuario que en última instancia utilizará la herramienta de realidad extendida.

Clave
Clave
del
sistema

Fecha
Fecha en las que
se realizó este
documento

Versión
Versión de
documento

Elaboró
Quien
elaboró el
documento

Revisó
Quien
revisó el
documento

Firma del líder del proyecto

Firma del usuario final

E. 2 Consentimiento por parte de la asociación

Consentimiento por parte de la asociación

Como resultado de este primer acercamiento se invita a la generación de un acuerdo de colaboración para establecer los objetivos de ambas partes...Anexo a este documento el acuerdo de colaboración generada durante una intervención.

En este acuerdo se pueden establecer los siguientes puntos:

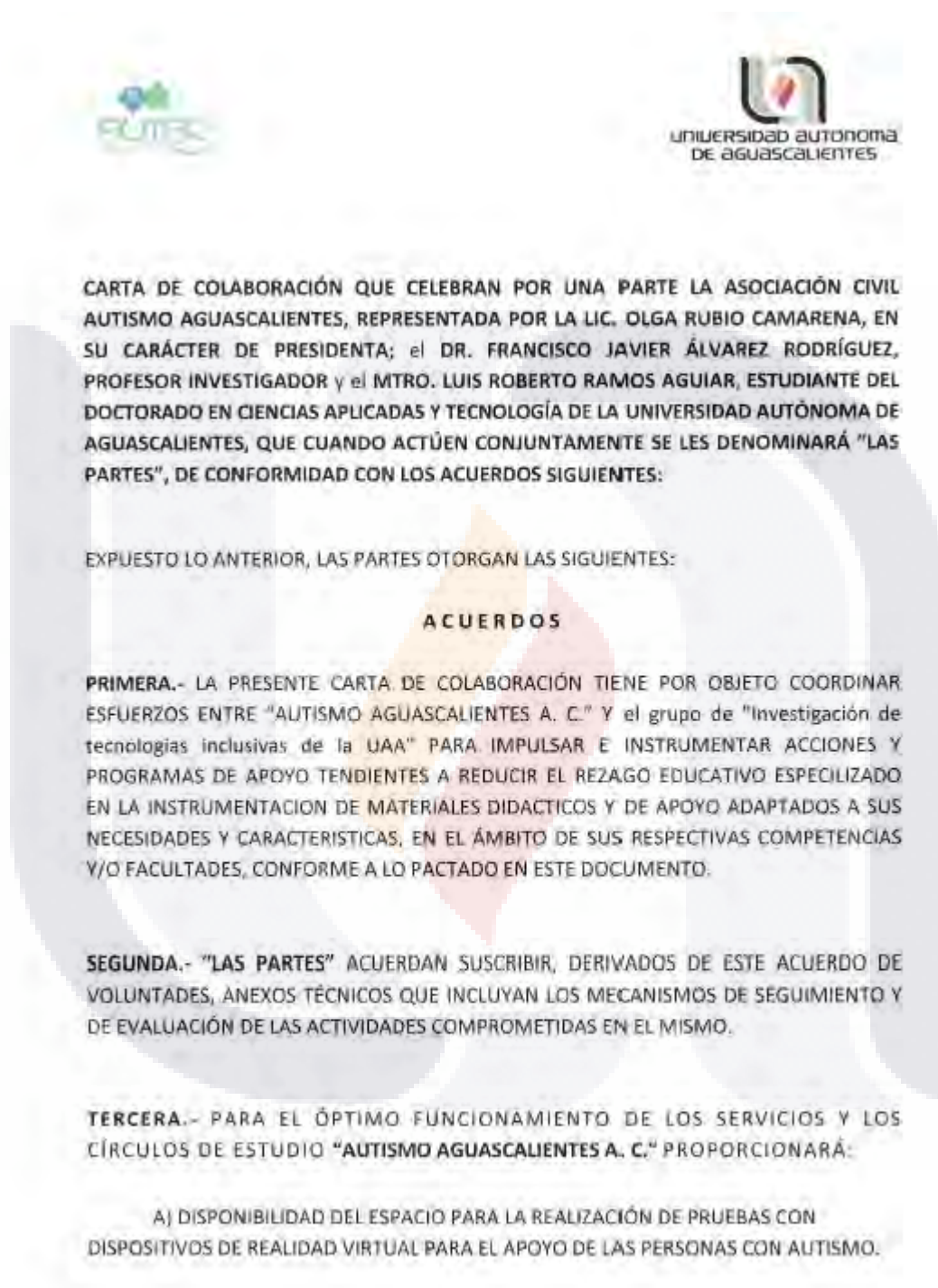
- *Establecer el fin de la colaboración acordada*
- *Establecer los tiempos de trabajo*
- *Especificar los espacios donde se trabajará*
- *Especificar la manera en la que se trabajara con los usuarios objetivos*
- *Establecer los compromisos de ambas partes ante el proyecto*

Clave	Fecha	Versión	Elaboró	Revisó
<i>Clave del sistema</i>	<i>Fecha en las que se realizó este documento</i>	<i>Versión de documento</i>	<i>Quien elaboró el documento</i>	<i>Quien revisó el documento</i>

Firma del líder del proyecto

Firma del usuario final

E.2.1 Carta de colaboración realizada con la Asociación Autismo Aguascalientes A. C.





CUARTA.- PARA EFECTOS DE LA REALIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DESCRITAS EN LAS CLÁUSULAS ANTERIORES, el grupo de **"Investigación de tecnologías inclusivas de la UAA"** DESIGNA AL MTRO. LUIS ROBERTO RAMOS AGUIAR COMO COORDINADOR Y RESPONSABLE ANTE **"AUTISMO AGUASCALIENTES A. C."**; POR SU PARTE, **"AUTISMO AGUASCALIENTES A. C."** DESIGNA A LA LIC. OLGA RUBIO CAMARENA, EN SU CARÁCTER DE, PRESIDENTA Y RESPONSABLE ANTE el grupo de **"Investigación de tecnologías inclusivas de la UAA"**.

QUINTA.- El grupo de **"Investigación de tecnologías inclusivas de la UAA"** ASUMIRÁ LOS SIGUIENTES COMPROMISOS, A EFECTO DE DAR DEBIDO CUMPLIMIENTO AL OBJETO DE LA PRESENTE CARTA DE COLABORACIÓN:

1. PROPORCIONAR LOS MATERIALES DESARROLLADOS POR EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN "OBJETOS DE APRENDIZAJE E INGENIERÍA DE SOFTWARE" RELACIONADOS EN APOYO A TEMAS DE AUTISMO, ESTOS A RESGUARDO DEL PROMOTOR.
2. PROMOVER Y APOYAR EL USO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS COMO INSTRUMENTO DE ACCESO A LA EDUCACIÓN Y CAPACITACIÓN, Y COMO MEDIO PARA POTENCIAR EL DESARROLLO DE LAS HABILIDADES DE APRENDIZAJE DE LAS PERSONAS, EN LAS QUE SE INCLUYA LA ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS PERSONALES NECESARIAS PARA LOGRAR UNA MAYOR CALIDAD DE VIDA A QUIEN VA DIRIGIDO DICHO CONVENIO.
3. ESTABLECER LOS MECANISMOS DE COORDINACIÓN NECESARIOS QUE PROPICIEN EL ADECUADO DESARROLLO DE LOS PROCESOS QUE SE DERIVEN DE LA EJECUCIÓN DEL PRESENTE CONVENIO.



ENTERADAS LAS PARTES DEL CONTENIDO Y ALCANCES DE LA PRESENTE COLABORACIÓN,
LO FIRMAN DE CONFORMIDAD EN LA CIUDAD DE AGUASCALIENTES, AGUASCALIENTES, EL
DÍA 12 DEL MES DE JUNIO DEL AÑO DOS MIL VEINTITRES.

"AUTISMO AGUASCALIENTES A. C."

LIC. OLGA RUBIO CAMARENA
PRESIDENTA DE AUTISMO
AGUASCALIENTES A. C.

Grupo de "Investigación de tecnologías
inclusivas de la UAA"

DR. FRANCISCO JAVIER ÁLVAREZ RODRÍGUEZ
PROFESOR INVESTIGADOR
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

Grupo de "Investigación de tecnologías
inclusivas de la UAA"

MTRO. LUIS ROBERTO RAMOS AGUIAR
ESTUDIANTE DEL DOCTORADO
EN CIENCIAS APLICADAS Y TECNOLOGÍA

E. 3 Evaluación con expertos

Evaluación con expertos

Una vez identificada la aplicación a mostrar a los usuarios objetivos, primero debe ser probada por los expertos para que conozcan a que situación serán sometidos. Posteriormente, se puede realizar una evaluación con ellos para observar la viabilidad de la herramienta.

A continuación, se anexa un cuestionario aplicado para conocer la percepción de expertos sobre una aplicación de Realidad Virtual que fue aplicada a niños con TEA.

Cuestionario para conocer la percepción de los especialistas e TEA

Objetivo: Conocer la percepción de los especialistas en niños con Trastorno de Espectro autista respecto a la aplicación Street Simulator.

Instrucciones de llenado: Responde cada una de las sentencias con una escala de Likert de 0 a 5, siendo 0 muy en desacuerdo y 5 muy de acuerdo.

1. Esta aplicación de "RV" me ha parecido muy interesante.
2. Creo que el uso de la "RV" puede ayudar a mejorar el aprendizaje en niños con TEA.
3. Creo que preferiría las clases tradicionales a la utilización de la "RV".
4. Creo que la "RV" debería utilizarse sin ningún tipo de discusión en el aula.
5. Creo que el uso de la "RV" puede ayudar a participar más activamente en clase.
6. Estoy muy interesado en utilizar la "RV" fuera de clase.
7. Creo que el uso de la "RV" puede mejorar el entusiasmo y motivación hacia el aprendizaje.
8. Creo que la "RV" proporciona un acceso más fácil a los materiales de aprendizaje que las clases y los libros de texto tradicionales.
9. Creo que puedo utilizar la "RV" como complemento de las clases tradicionales.
10. Creo que la "RV" puede proporcionar una visualización excepcional que no es posible en el aula tradicional.
11. Creo que la "RV" aumenta el compromiso de los estudiantes a través de una experiencia de inmersión.
12. Creo que esta aplicación de "RV" aumentará la confianza de los alumnos.
13. Quiero que se desarrollen más aplicaciones de "RV" para niños con TEA.
14. Creo que la "RV" puede mejorar la calidad de vida de los niños con TEA.

Cuestionario adaptado de C. Sukotjo, S. Schreiber, J. Li, M. Zhang, J. C. C. Yuan, and M. Santoso, "Development and student perception of virtual reality for implant surgery," *Educ. Sci.*, vol. 11, no. 4, 2021, doi: 10.3390/educsci11040176.

Nota: Este cuestionario podría ser tomado como base en esta actividad, asimismo, se sugiere revisar la fuente de la que fue adaptado.

E. 4 Evaluación con el usuario objetivo

Evaluación con el usuario objetivo

Ya que se les mostró a los expertos la aplicación y la herramienta que utilizará el usuario objetivo, el siguiente paso es probarlo en ellos, para esto, recomienda buscar un entorno adecuado para realizar la evaluación, asimismo, se sugieren realizar varias sesiones para observar su evolución con la familiarización del sistema.

Una vez que se cumplieron las sesiones planeadas, el siguiente paso es realizar una evaluación con el usuario objetivo, a continuación, se muestra un cuestionario utilizado para conocer la percepción de niños con TEA sobre una aplicación de Realidad Virtual.

Evaluación de Street Simulator por niños con TEA

Objetivo: Conocer el estado de la aplicación Street Simulator para analizar su aceptación por parte de niños con TEA.

Instrucciones de llenado: Contesta con un Si o No cada una de las siguientes sentencias.

1. ¿Te ha parecido que funcionó bien el juego?
2. ¿Se mostraron bien las instrucciones que te dieron los policías?
3. ¿Aparecieron rápido los policías e instrucciones dentro del juego?
4. ¿Te pareció el juego interesante?
5. ¿Te gustaría jugar de nuevo?

Cuestionario adaptado de Parras-Burgos, D., Fernández-Pacheco, D. G., Barbosa, T. P., Soler-Méndez, M., & Molina-Martínez, J. M. (2020). An augmented reality tool for teaching application in the agronomy domain. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/app10103632>

Nota: Este cuestionario podría ser tomado como base en esta actividad, asimismo, se sugiere revisar la fuente de la que fue adaptado.

E. 5 Análisis de resultados

Análisis de resultados

Siguiendo este proceso, se podrá verificar si la herramienta de realidad extendida es apropiada para trabajar con el usuario objetivo, la opinión de los expertos da mas valides a los análisis encontrados y los instrumentos de evaluación ayudaran a reforzar la idea sobre la herramienta de realidad extendida seleccionada y el usuario objetivo.

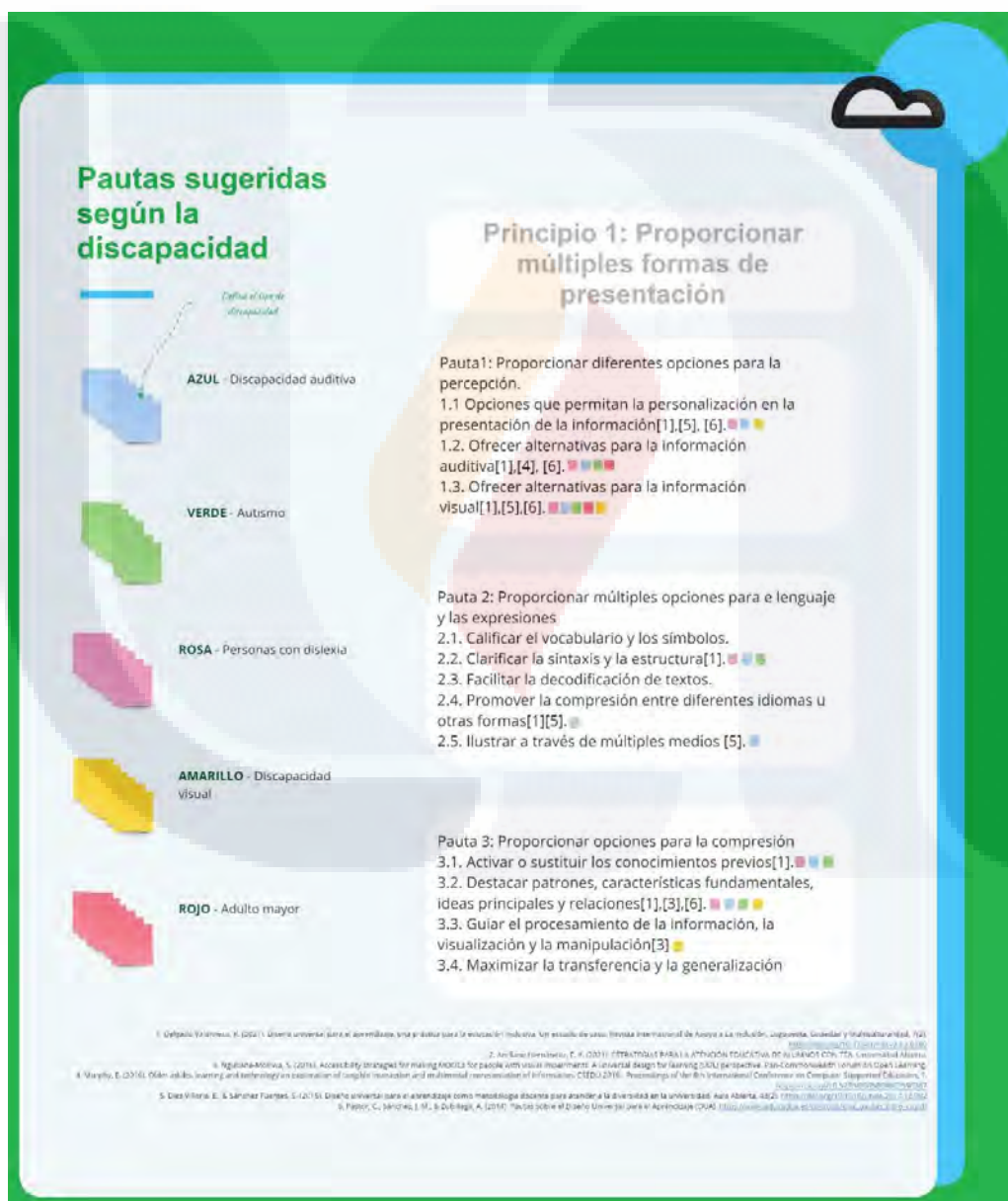
Una vez hecho este análisis se puede proceder en la iteración metodológica o en caso de que los resultados indiquen que la herramienta de realidad extendida no es apta para el usuario objetivo, se recomienda realizar de nuevo el proceso de selección con otra herramienta.



E. 6 Proporcionar múltiples formas de representación

Proporcionar múltiples formas de presentación

“Los múltiples medios de representación incluyen la variedad de formas en que los profesores presentan la información a los alumnos. Las directrices dentro de esta faceta del UDL incluyen la diferenciación de las formas en que los estudiantes pueden percibir la información, proporcionando opciones para el lenguaje escrito y hablado, incluyendo símbolos/anotaciones matemáticas; y opciones para la comprensión. Dentro de los múltiples medios de representación, los profesores tendrán que considerar cuál es la mejor forma en que los alumnos perciben la información, cómo presentar la información de múltiples maneras y si los multimedia pueden hacer que los conceptos abstractos sean más concretos” (Kieran & Anderson, 2019).



E. 7 Pautas sugeridas según la discapacidad y los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje

Pautas sugeridas según la discapacidad y los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje

Pautas sugeridas según la discapacidad	Principio 1: Proporcionar múltiples formas de presentación	Principio 2: Proporcionar múltiples formas de acción y expresión	Principio 3: Proporcionar múltiples formas de implicación
AZUL - Discapacidad auditiva	Pauta 1: Proporcionar diferentes opciones para la percepción. 1.1. Opciones que permitan la personalización en la presentación de la información[1]. 1.2. Ofrecer alternativas para la información auditiva[1], [4]. 1.3. Ofrecer alternativas para la información visual[1].	Pauta 4: Proporcionar opciones para la interacción física. 4.1. Variar los métodos para la respuesta y la navegación (conectividad) [1],[4]. 4.2. Optimizar el acceso a las herramientas y los productos y tecnologías de apoyo [3],[4].	Pauta 7: Proporcionar opciones para captar el interés. 7.1. Optimizar la elección individual y la autonomía. 7.2. Optimizar la relevancia, el valor y la autenticidad [1]. 7.3. Minimizar la sensación de inseguridad y las distracciones [1].
VERDE - Autismo	Pauta 2: Proporcionar múltiples opciones para el lenguaje y las expresiones. 2.1. Calificar el vocabulario y los símbolos. 2.2. Clarificar la sintaxis y la estructura[1]. 2.3. Facilitar la decodificación de textos. 2.4. Promover la comprensión entre diferentes idiomas u otras formas[1]. 2.5. Ilustrar a través de múltiples medios.	Pauta 5: Proporcionar opciones para la expresión y la comunicación. 5.1. Usar múltiples medios de comunicación [1],[3],[4]. 5.2. Usar múltiples herramientas para la construcción y la composición[1]. 5.3. Definir competencias con niveles de apoyo graduados para la práctica y la ejecución.	Pauta 8: Proporcionar opciones para mantener el esfuerzo y la persistencia. 8.1. Resaltar la relevancia de metas y objetivos. 8.2. Variar los niveles de desafío y apoyo. 8.3. Fomentar la colaboración y la comunidad [1], [3]. 8.4. Proporcionar la retroalimentación orientada[1],[3].
ROSA - Personas sin discapacidad	Pauta 3: Proporcionar opciones para la comprensión. 3.1. Activar o sustituir los conocimientos previos[1]. 3.2. Destacar patrones, características fundamentales, ideas principales y relaciones[1],[3]. 3.3. Guiar el procesamiento de la información, la visualización y la manipulación[3]. 3.4. Maximizar la transferencia y la generalización.	Pauta 6: Proporcionar opciones para las funciones ejecutivas. 6.1. Guiar el establecimiento adecuado de metas. 6.2. Apoyar la planificación y el desarrollo de estrategias. 6.3. Facilitar la gestión de información y de recursos [1]. 6.4. Aumentar la capacidad para hacer un seguimiento a los avances [1].	Pauta 9: Proporcionar opciones para la evaluación y la autorregulación. 9.1. Promover expectativas y creencias que optimicen la motivación [1]. 9.2. Facilitar niveles graduados de apoyo para imitar habilidades y estrategias [1],[3]. 9.3. Desarrollar la autoevaluación y la reflexión[1].
AMARILLO - Discapacidad visual			
ROJO - Adulto mayor			

E. 8 Pautas para el diseño de Realidad Extendida utilizando HDM

Pautas para el diseño de Realidad Extendida utilizando HDM

Basado en un minucioso análisis de 68 recursos diferentes de investigación, industria y diseño 2D, Steven Vi et al. (2019), presenta un conjunto de once pautas UX para diseñar aplicaciones XR.

Pauta 1. Organice el entorno espacial para maximizar la eficiencia

Definición: Utilizar el espacio como una herramienta organizativa para crear un entorno que sea cómodo de usar y minimice la cantidad de pensamiento consciente que un usuario tiene que hacer para lograr sus objetivos

Ejemplos:

- **Tenga en cuenta las restricciones visuales y físicas al organizar el contenido.** Cuando posicionamiento de contenidos, es importante recordar que los usuarios tienen limitaciones físicas y un campo de visión limitado.
- **Explore cómo se puede utilizar el espacio.** XR proporciona a los usuarios un área más grande para colocar e interactuar con el contenido. Según el contexto y el tipo de aplicación, los diseñadores deben explorar cómo se puede utilizar el espacio adicional para evitar el desorden de objetos e información.

- **Agrupe objetos similares para hacerlos más fáciles de encontrar.** Colocar objetos similares juntos pueden usar el comportamiento de encadenamiento de atención para vincular conceptualmente la aplicación características juntas.

Pauta 2. Cree interacciones y entornos flexibles.

Definición: Proporcionar a los usuarios la capacidad de personalizar la aplicación para sus preferencias y comodidades personales

Ejemplos:

- **Interacciones integradas para usuarios experimentados y sin experiencia.** Las aplicaciones deben tener opciones que se adapten a los usuarios de diferentes niveles de experiencia.
- **Deje que los usuarios den forma a su entorno para optimizar su flujo de trabajo.** Personalización se puede utilizar para mejorar la eficiencia. Proporcionar a los usuarios opciones para personalizar el entorno en función de sus preferencias.
- **Deje que los usuarios definan lo que significa ser cómodo.** Factores que afectan la comodidad como límites personales, limitaciones físicas, consideraciones sociales, brillo, etc. debe ser flexible.

Pauta 3. Priorizar la comodidad del usuario.

Definición: La aplicación XR debe mantener al usuario seguro tomando precauciones adicionales mantener las comodidades físicas, fisiológicas y ambientales para el usuario a lo largo de la experiencia.

Ejemplo:

- **Respetar el espacio personal de los usuarios.** Las personas son tanto física como mentalmente sensibles, especialmente alrededor de la cabeza, a objetos que se colocan demasiado cerca de ellos. Asegúrese de que los objetos estén predeterminados a una distancia cómoda del usuario y permitirle dictar lo que sucede dentro de su espacio personal.
- **Consideraciones fisiológicas.** Es responsabilidad del diseñador tomar precauciones adicionales para reducir las posibilidades de que los usuarios experimenten mareos por movimiento.
- **Ambiente Comodidad.** Ciertos usuarios pueden experimentar diversas molestias en determinados situación como alturas, espacios pequeños, etc. Proporcione opciones para que los usuarios cambien o ajustar el entorno si se sienten incómodos
- **Sea consciente de las interacciones físicamente agotadoras.** Las aplicaciones XR brindan a los diseñadores con la oportunidad de crear interacciones 3D. Tenga cuidado con el hecho de que Las interacciones 3D pueden ser físicamente agotadoras para los usuarios, especialmente durante períodos prolongados y repeticiones repetidas.

Pauta 4. Manténgalo simple: no abruma al usuario.

Definición: Cuanto más hay, menos recuerda el usuario. Cree elementos simples y relevantes en un entorno que no distraiga al usuario de lo importante.

Ejemplo:

- **Mantenga las herramientas y la información listas, pero sin distracciones.** Los diseñadores pueden proporcionar mucha información, pero deben implementarse de manera que no distraigan a los usuarios cuando no los necesiten.
- **No oscurezca la visión del usuario con elementos virtuales.** Minimice la densidad de información dentro del campo de visión de un usuario y tenga cuidado con el uso de pantallas de visualización persistentes (HUD) que ocupan una gran parte de la vista de un usuario

Pauta 5. Diseño alrededor de las capacidades y limitaciones del hardware.

Definición: La forma en que los usuarios interactúan y exploran el entorno será enormemente dependiendo del sistema que estén usando.

Ejemplo:

- **Sensible a las Capacidades del Hardware.** Las solicitudes no deben incluir características que van más allá de los límites del hardware.
- **Utilice las fortalezas del medio.** Es importante que los diseñadores se centren en las características que resaltan la fuerza del hardware dado en su aplicación.

Pauta 6. Use señales para ayudar a los usuarios a lo largo de su experiencia.

Definición. Cree señales significativas para ayudar a los usuarios a comenzar, proporcione información adicional información, guiar la atención del usuario y simplificar la elección dentro de la aplicación.

Ejemplo:

- **Use Attention Directors para ayudar a los usuarios a descubrir qué pueden hacer y dónde Deberían ir.** Proporcione al usuario indicadores direccionales para señalarle contenido importante en la aplicación.
- **Simplificar elección.** Use señales para informar explícitamente a los usuarios qué pueden hacer a continuación, especialmente si los pasos no son obvios. Esto puede ayudar a reducir el pensamiento cognitivo difícil y aliviar las frustraciones a lo largo de la experiencia.
- **No sobrecargue los sentidos del usuario con notificaciones.** Tenga en cuenta el hecho de que los usuarios pueden verse fácilmente abrumados por una cantidad excesiva de información, especialmente en XR.
- **Use señales para integrar ayuda y tutoriales en la experiencia.** Es importante que los usuarios tengan acceso a la ayuda cuando la necesiten. En lugar de solo proporcionar documentación externa, piense en cómo se pueden usar diferentes señales para integrar la ayuda en la aplicación XR para crear una experiencia perfecta
- **Informar a los Usuarios de Acciones que Pueden resultar en Errores.** La mejor manera de tratar con un error es evitar que suceda en primer lugar.

Pauta 7. Cree una experiencia XR convincente

Definición: XR permite a los usuarios sumergirse en el entorno virtual. Mejorar sus sentidos a través de elementos visuales, de audio y narrativos que cautiven ellos en la experiencia

Ejemplo:

- **Haga que la experiencia sea atractiva.** Agregue elementos visuales que hagan que la visualización y la interacción con la aplicación sean agradables. xperience Appealing.
- **Use audio para mejorar la experiencia.** En el mundo real, el sonido juega un papel importante papel en cómo las personas interactúan y entienden el espacio que les rodea. Utilice el sonido espacial para ayudar a los usuarios a sentirse situados, sugiera relaciones espaciales a través de comentarios y cree ambientes para sumergir a los usuarios en el entorno virtual.
- **Haz una Experiencia Completa.** Cuanto más completo sea el entorno, más resuena. XR proporciona las herramientas para la inmersión, pero depende del diseñador para construir en los detalles para mantener la sensación de estar en un entorno el usuario sabe que no es completamente real

Pauta 8. Construir sobre el conocimiento del mundo real.

Definición. Ayude a los usuarios a comprender cómo usar la aplicación diseñando las interacciones, objetos y entornos en torno al conocimiento existente del mundo real

Ejemplo:

- **Utilice la inspiración de la vida real para crear posibilidades en los objetos.** Asequibilidad se refiere a las propiedades de un objeto que informa al usuario cómo debe interactuar con y usado.
- **Pair Actions with Outcomes That Users Expect.** Keep in mind that certain visual characteristics may affect users' expectations of how certain elements should behave. Make sure that virtual elements act in accordance with their characteristics and associated affordances.
- **Considere el uso de la representación 3D (volumétrica).** Las aplicaciones XR dan diseñadores la capacidad de crear elementos que se pueden explorar e interactuar con en 3D. Esto se puede aprovechar para imitar mejor y construir sobre objetos del mundo real.
- **Tenga cuidado con las interacciones simplificadas.** Las expectativas de los usuarios sobre el detalle de las interacciones pueden ser mayores en XR debido a las mayores asociaciones con experiencias reales que vienen con la inmersión.

Pauta 9. Proporcione retroalimentación y consistencia.

Definición. Utilice la retroalimentación para generalizar la percepción de eventos e interacciones. Además, la retroalimentación debe ser consistente para que los usuarios puedan construir una comprensión de lo que pueden y no pueden hacer dentro de la aplicación.

Ejemplo:

- **Utilice la retroalimentación para estandarizar los estados de las interacciones.** Considere cómo los elementos en un entorno digital deberían reaccionar a las interacciones del usuario. Todas las interacciones deben tener estados distintos que se transmitan a través de comentarios visuales.
- **Utilice la retroalimentación para ayudar a reconocer errores y estados no deseados.** Informar a los usuarios de los resultados cada vez que se realiza una acción.
- **Diseño para exploración dinámica.** permita que el usuario explore el entorno y lo comprenda a través de comentarios. Proporcione a los usuarios suficiente información para aprender a usar la aplicación a través del uso de la aplicación.

Pauta 10. Permitir a los usuarios sentirse en control de la experiencia.

Definición: La aplicación debe actuar y responder de manera que brinde a los usuarios el sentido de que están a cargo.

Ejemplo:

- **No fuerce acciones sin el permiso del usuario.** La aplicación nunca debe asumir lo que un usuario quiere hacer. Asegúrese de que un usuario dé permiso expreso antes de realizar acciones con consecuencias.
- **Proporcione salidas para que los usuarios abandonen los estados no deseados.** Proporcionar a los usuarios fácil opciones para abandonar ciertas acciones o dejar situaciones no deseadas con un mínimo resistencia y molestias de la aplicación.
- **La aplicación debe ser "honesta".** Asegúrese de que el comportamiento del sistema coincide con las expectativas del usuario. El no lograr esto hará que el usuario se sienta como si estuvieran siendo engañados por la aplicación.

- **Deje que los usuarios controlen sus movimientos.** Para aplicaciones HMD XR, siempre es importante que el control de la cámara del mundo virtual permanezca con el usuario.

Pauta 11. Permitir prueba y error

Definición. En la medida de lo posible, permitir que las acciones sean reversibles y establecer protecciones sobre posibles errores cometidos por los usuarios. Esto ayudará a aliviar la ansiedad y promover la exploración de la aplicación.

Ejemplo:

- **Permitir la reversión fácil de acciones.** Proporcione a los usuarios opciones claras para hacer frente a las acciones que pueden querer deshacer, de modo que puedan explorar libremente la aplicación sin preocupaciones

E 9 Pautas Para el diseño de interfaces diegeticas

Pautas para el diseño de Interfaces Diegéticas

Es fundamental proponer los datos culturales al visitante de forma adecuada a través de interfaces que ayuden a centrar la atención del visitante en la obra de arte en cuestión (Caggianese et al., 2018).

Pauta 1: Datos relacionados con el artefacto

Definición: Estos datos están relacionados con la visualización de toda esa información adicional que se utiliza para aumentar un objeto virtual. En un diseño de GUI para una experiencia CH, esto representa el principal requisito que deben cumplir los desarrolladores.

Pauta 2: Datos relacionados con la experiencia del usuario

Definición: En este caso, nos referimos a toda esa información sobre el usuario posición en el VE, la proximidad a previamente definido puntos de interés o el camino a seguir para llegar un artefacto de interés. Este tipo de información, aunque menos relacionado con los artefactos, demuestra ser igualmente importante para el disfrute del visitante. Como ejemplo, podemos considerar la información relacionada con la posición del visitante y sus puntos de interés. también en este caso, la aplicación de una meta-representación mostrada en la capa de pantalla en una posición periférica además de posiblemente ocluyendo el VE, puede molestar al usuario.

Pauta 3: Datos relacionados con la aplicación

Descripción: Por último, este grupo se refiere a la configuración del VE. Mientras que, en el contexto del juego de juego, esto corresponde generalmente a cuestiones como el guardar y cargar el estado del juego. En el CH esto debería la posibilidad de cargar diferentes exposiciones en el mismo en el mismo museo virtual, definiendo preferencias para para filtrar las obras mostradas, indicando el nivel de detalle de la información, y definir la duración de la visita. Sin duda, este grupo es el más complejo de gestionar. información más compleja de gestionar. Esto es evidente por el hecho de que también entre los juegos comerciales muy pocos se realizan con una interfaz diegética.

E . 10 elementos de GameFlow para una experiencia de juego agradable

Elementos de GameFlow para una experiencia de juego agradable

El modelo GameFlow consta de ocho elementos para mejorar la satisfacción del jugador en los juegos, se ha aplicado ampliamente al diseño y la evaluación de juegos y experiencias para una variedad de propósitos,

audiencias, plataformas y dominios. Entre estas aplicaciones se encuentran varios juegos y experiencias XR (Penny Sweetser & Rogalewicz, 2020).

Elementos del modelo GameFlow. Fuente: (Penelope Sweetser & Wyeth, 2005).

Elemento	Descripción
Concentración	El juego debe requerir concentración y el jugador debe poder concentrarse en el juego.
Retos	El juego debe ser lo suficientemente desafiante y coincidir con el nivel de habilidad del jugador.
Habilidades de jugador	El juego debe apoyar el desarrollo y el dominio de las habilidades del jugador.
Control	Los jugadores deben tener una sensación de control sobre sus acciones en el juego.
Objetivos claros	El juego debe proporcionar al jugador objetivos claros en los momentos apropiados.
Retroalimentación	Los jugadores deben recibir comentarios en los momentos apropiados.
Inmersión	Los jugadores deben experimentar una participación profunda, pero sin esfuerzo en el juego.
Interacción social	El juego debe apoyar y crear oportunidades para la interacción social.

E. 11 Evaluación de satisfacción

Evaluación de satisfacción basada en (Nguyen et al., 2021)

Las siguientes preguntas deben ser evaluadas en una escala del 0 al 3.

- Fácil de usar: ¿Fue este método fácil de usar?
- Conveniencia: ¿Fue este método conveniente?
- Experiencia: ¿El método ayudo a tu experiencia de entrenamiento/Aprendizaje?
- Preferencia: ¿Cómo prefieres el método?

E. 12 Instrumento de estrés

Versión española (2.0) de la *Perceived Stress Scale (PSS)* de Cohen, S., Kamarck, T., & Mermelstein, R. (1983), adaptada por el Dr. Eduardo Remor.

Escala de Estrés Percibido - *Perceived Stress Scale (PSS)* – versión completa 14 ítems.

Las preguntas en esta escala hacen referencia a sus sentimientos y pensamientos durante el **último mes**. En cada caso, por favor indique con una “X” cómo usted se ha sentido o ha pensado en cada situación.

	Nunca	Casi nunca	De vez en cuando	A menudo	Muy a menudo
1. En el último mes, ¿con qué frecuencia ha estado afectado por algo que ha ocurrido inesperadamente?	0	1	2	3	4
2. En el último mes, ¿con qué frecuencia se ha sentido incapaz de controlar las cosas importantes en su vida?	0	1	2	3	4
3. En el último mes, ¿con qué frecuencia se ha sentido nervioso o estresado?	0	1	2	3	4
4. En el último mes, ¿con qué frecuencia ha manejado con éxito los pequeños problemas irritantes de la vida?	0	1	2	3	4
5. En el último mes, ¿con qué frecuencia ha sentido que ha afrontado efectivamente los cambios importantes que han estado ocurriendo en su vida?	0	1	2	3	4
6. En el último mes, ¿con qué frecuencia ha estado seguro sobre su capacidad para manejar sus problemas personales?	0	1	2	3	4
7. En el último mes, ¿con qué frecuencia ha sentido que las cosas le van bien?	0	1	2	3	4
8. En el último mes, ¿con qué frecuencia ha sentido que no podía afrontar todas las cosas que tenía que hacer?	0	1	2	3	4
9. En el último mes, ¿con qué frecuencia ha podido controlar las dificultades de su vida?	0	1	2	3	4
10. En el último mes, ¿con qué frecuencia se ha sentido que tenía todo bajo control?	0	1	2	3	4
11. En el último mes, ¿con qué frecuencia ha estado enfadado porque las cosas que le han ocurrido estaban fuera de su control?	0	1	2	3	4
12. En el último mes, ¿con qué frecuencia ha pensado sobre las cosas que le quedan por hacer?	0	1	2	3	4
13. En el último mes, ¿con qué frecuencia ha podido controlar la forma de pasar el tiempo?	0	1	2	3	4
14. En el último mes, ¿con qué frecuencia ha sentido que las dificultades se acumulan tanto que no puede superarlas?	0	1	2	3	4

Escala de Estrés Percibido (Perceived Stress Scale, PSS)

Esta escala es un instrumento de auto informe que evalúa el nivel de estrés percibido durante el último mes, consta de 14 ítems con un formato de respuesta de una escala de cinco puntos (0 = nunca, 1 = casi nunca, 2 = de vez en cuando, 3 = a menudo, 4 = muy a menudo). La puntuación total de la PSS se obtiene invirtiendo las puntuaciones de los ítems 4, 5, 6, 7, 9, 10 y 13 (en el sentido siguiente: 0=4, 1=3, 2=2, 3=1 y 4=0) y sumando entonces los 14 ítems. La puntuación directa obtenida indica que a una mayor puntuación corresponde un mayor nivel de estrés percibido.

Artículos originales sobre la Perceived Stress Scale (PSS)

Cohen, S., Kamarck, T., & Mermelstein, R. (1983). A global measure of perceived stress. *Journal of Health and Social Behavior*, 24, 385-396.

Cohen, S. and Williamson, G.M. (1988) Perceived stress in a probability sample of the United States. In: S. Spacapan and S. Oskamp (Eds.) *The social psychology of health*. Newbury Park, CA: Sage.

Artículos con información sobre la adaptación y validación en España.

Remor E. & Carroble JA. (2001). Versión Española de la escala de estrés percibido (PSS-14): Estudio psicométrico en una muestra VIH+. *Ansiedad y Estrés*, 7 (2-3), 195-201.

Remor E. (2006). Psychometric Properties of a European Spanish Version of the Perceived Stress Scale (PSS). *The Spanish Journal of Psychology*, 9 (1), 86-93.

PSS-10

Una versión corta se pueden obtener del pool de ítems de la PSS versión completa. La PSS-10. La puntuación de la PSS-10 se obtiene invirtiendo las puntuaciones de los ítems 6,7, 8, y 9) e sumando todos los 10 ítems (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 14).

Para mayor información contactar con:

Prof. Dr. Eduardo Remor

Dpto. de Psicología Biológica y de la Salud. Facultad de Psicología. Universidad Autónoma de Madrid.

28049 Madrid, España

e-mail: eduardo.remor@uam.es

E. 13 Instrumento para evaluar aspectos técnicos de Realidad Aumentada

Instrumento para evaluar aspectos técnicos de la herramienta y recoger su opinión sobre el uso de aplicaciones de Realidad Aumentada obtenido en (Parras-Burgos et al., 2020)

Las siguientes preguntas se contestan con un SI o No.

1. Ha trabajado la aplicación correctamente con el dispositivo
2. ¿Se han leído correctamente todos los sellos?
3. ¿Han aparecido rápidamente los modelos 3D en el sello?
4. ¿Considera que esta herramienta favorece el aprendizaje de conceptos básicos de la asignatura?
5. ¿Considera que la visión espacial se ve favorecida con este tipo de herramientas?
6. ¿Le parece interesante esta experiencia?
7. ¿Le parece útil esta herramienta?
8. ¿Te gustaría repetir esta actividad?

Bibliografía

Parras-Burgos, D., Fernández-Pacheco, D. G., Barbosa, T. P., Soler-Méndez, M., & Molina-Martínez, J. M. (2020). An augmented reality tool for teaching application in the agronomy domain. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(10).
<https://doi.org/10.3390/app10103632>

E. 14 Instrumentos para evaluar aspectos técnicos de Realidad Aumentada

Cuestionario implementado para conocer la Percepción de los estudiantes sobre la aplicabilidad del programa de RV al plan de estudios. Obtenido en (Sukotjo et al., 2021).

Este cuestionario se responde con una escala de liker de 0 a 5.

1. Esta aplicación de "RV" me ha parecido muy interesante
2. Creo que el uso de la "RV" me ha ayudado a aprender la colocación quirúrgica de los implantes.
3. Creo que preferiría las clases tradicionales a la utilización de la "RV" en clase.
4. Creo que la "RV" debería utilizarse sin ningún tipo de discusión en el aula
5. Creo que el uso de la "RV" me animó a participar más activamente en clase.
6. Estoy muy interesado en utilizar la "RV" fuera de clase
7. Creo que la "RV" me ayudó a desarrollar mis habilidades de visualización tridimensional (capacidad de visualizar formas tridimensionales).
8. Me he beneficiado de las imágenes y visualizaciones de la colocación de los implantes que proporciona la "RV".

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
9. Creo que el uso de la "RV" mejoró mi entusiasmo y motivación hacia el aprendizaje
 10. Creo que la "RV" proporcionó un acceso más fácil a los materiales de aprendizaje que las clases y los libros de texto tradicionales.
 11. Creo que la "RV" me ayudó a prepararme para las aplicaciones clínicas de la colocación de implantes.
 12. Creo que puedo utilizar la "RV" como complemento de las clases tradicionales.
 13. Creo que la "RV" puede proporcionar una visualización excepcional que no es posible en el aula tradicional.
 14. Creo que la "RV" aumenta el compromiso de los estudiantes a través de una experiencia de inmersión.
 15. Creo que la "RV" puede mejorar mi educación a través de "aprender haciéndolo".
 16. Creo que esta aplicación de "RV" aumentará la confianza de los alumnos de cirugía antes de realizar una cirugía real en el quirófano.
 17. Quiero que se desarrollen más procedimientos de tratamiento con implantes en procedimientos de RV
 18. Creo que la "RV" puede mejorar la calidad de la enseñanza de los implantes en general.

E.15 Evaluación de usabilidad

Evaluación de usabilidad

Objetivo: Conocer el estado de usabilidad del sistema.

La Escala de Usabilidad del Sistema (SUS) proporciona una herramienta fiable y "rápida" para medir la usabilidad. Consiste en un cuestionario de 10 ítems con cinco opciones de respuesta para los encuestados; desde Muy en desacuerdo hasta Muy en acuerdo.

ID Participante: _____ Sistema: _____ Fecha: ____/____/____

Instrucciones: Para cada una de las siguientes afirmaciones, marque una casilla que mejor describa sus reacciones a la aplicación de hoy.

	Muy en desacuerdo			Muy de acuerdo
1. Creo que me gustaría utilizar frecuentemente esta aplicación.	☐	☐	☐	☐
2. Encontré la aplicación innecesariamente compleja.	☐	☐	☐	☐
3. Pienso que la aplicación es fácil de usar.	☐	☐	☐	☐
4. Creo que necesitaré el apoyo de personal técnico para poder utilizar la aplicación.	☐	☐	☐	☐
5. Encontré que varias de las funciones de la aplicación estaban bien integradas.	☐	☐	☐	☐
6. Pensé que había demasiada inconsistencia en la aplicación.	☐	☐	☐	☐
7. Me imagino que la mayoría de las personas podrían aprender a usar esta aplicación muy rápido.	☐	☐	☐	☐
8. Encontré la aplicación muy difícil de usar.	☐	☐	☐	☐
9. Me sentí muy confiado (seguro) al utilizar la aplicación.	☐	☐	☐	☐
10. Necesité aprender muchas cosas antes de poder usar la aplicación.	☐	☐	☐	☐

Por favor proporcione cualquier comentario sobre la aplicación:

Clave	Fecha	Versión	Elaboró	Revisó
Clave del sistema	Fecha en la que se realizó este documento	Versión de documento	Quien elaboró el documento	Quien revisó el documento

Firma del líder del proyecto

Firma del usuario final

Este cuestionario está basado en el System Usability Scale (SUS), el cual fue desarrollado por John Brooke mientras trabajaba en Digital Equipment Corporation. © Digital Equipment Corporation, 1986.

Anexo F Instrumentos de la propuesta realizada en la estancia de investigación.

F. 1 Actividades para Comprender y especificar el contexto de uso

DIX01



Aprende de las personas que sufren discapacidad

- **Propósito:** Aprender de la experiencia de las personas que sufren discapacidad o exclusión de forma permanente para la elaboración de **requerimientos funcionales y no funcionales** más adecuados.
- **Actividad:** Entrevistar a personas con diversas capacidades y discapacidades permanentes que les excluyen de las actividades.
- Durante tus conversaciones, toma nota de lo siguiente:
 - ¿Qué puntos fuertes y habilidades muestran habitualmente?
 - ¿Cuál es su motivación u objetivo para realizar sus tareas cotidianas?
 - ¿Qué temas son similares entre su discapacidad permanente y las que son temporales o situacionales?
 - ¿Cuáles son los retos específicos de sus interacciones?
 - ¿Cómo puedes captar mejor sus interacciones cotidianas con las personas o la tecnología?

DIX02



Traza un mapa de las capacidades humanas

- **Propósito:** Trazar un mapa de las capacidades humanas en un espectro para generar **requerimientos funcionales y no funcionales** que beneficien a todos.
- **Actividad:** Entrevistar a una o varias personas con una limitación permanente de al menos una habilidad.
 1. Pregúntales qué les gusta hacer y cómo lo hacen.
 2. Anote aquellas situaciones en las que experimentan roces, o una accesibilidad limitada.
 3. Crea un espectro que ilustre cómo una limitación similar se extiende a escenarios temporales y situacionales.

DIX03



Descubre los medios de interacción

- **Propósito:** Considerar los retos de diseño en términos relacionados con el entorno personal de alguien para la creación de los primeros bocetos de la posible solución.
- **Actividad:** Elige un lugar donde puedas observar a las personas interactuando entre sí. Lo ideal es un lugar donde puedas tomar notas, hacer bocetos y observar durante un tiempo prolongado.
 1. Centra tu atención en los pequeños detalles, de modo que tu percepción aumente durante tus observaciones. Fíjate en las interacciones verbales y no verbales.
 2. Escribe o dibuja las interacciones que se producen entre las personas y los objetos. Repite con los humanos y la tecnología.
 3. Reflexiona sobre tus observaciones para seguir explorando los problemas de las interacciones entre humanos y entre humanos y tecnología.

DIX04



Establece las similitudes entre el comportamiento humano y la tecnología

- **Propósito:** Establecer **las similitudes** entre el papel del comportamiento humano y el de la tecnología a utilizar para la **creación de una mejor solución**.
- **Actividad:** Solo o en grupo, haz una lluvia de ideas de 3 a 5 minutos para identificar el equivalente humano de la solución tecnológica que estás diseñando. Piensa en términos de puestos de trabajo: ¿s un asistente? ¿Un profesor?
 1. Dedicar un tiempo a entrevistar a personas que desempeñen esas funciones. Toma nota de lo que hace que sean buenos en su trabajo.
 2. Piensa en formas de incorporar esas ideas al diseño de tu solución.

DIX05



Define el alcance de la solución

- **Propósito:** Profundizar en la investigación y empezar a definir el alcance de la **solución de diseño orientada a la tecnología a utilizar**.
- **Actividad:** Con los instrumentos previamente realizados, responde las siguientes preguntas
 - ¿Cuáles fueron los temas más importantes que has descubierto?
 - ¿Qué problemas encontraste en la interacción entre el ser humano y la tecnología?
 - ¿Cuáles son los dos principales métodos de acceso (tacto, vista, oído, voz)?
 - ¿Cuál es la interacción entre personas que determina el comportamiento de tu solución?
 - ¿Cuál es el reto de diseño que hay que resolver y la necesidad a la que responde?
 - ¿Por qué es importante para el público?

F. 2 Especificar los requisitos del usuario

DIX08



Genera interacciones inclusivas

- **Propósito:** Explicar cada pequeño detalle de una **secuencia de interacciones de las interfaces con el fin de encontrar formas de hacer que las interacciones sean más inclusivas.**
- **Actividad:** A partir de un boceto o prototipo existente, elija un concepto específico que desee mejorar.
- 1. Componga una secuencia de guiones, o esboce de otro modo los pasos siguientes:
 - Si la secuencia la inicia el usuario o el sistema.
 - Cómo interactúa el usuario con el desencadenante.
 - Cómo comienza la retroalimentación.
 - Cómo interactúa el usuario con la respuesta.
 - Qué sucede inmediatamente después de que finaliza la retroalimentación.

DIX06



Encuentra una solución a interacciones inadecuadas

- **Propósito:** Aportar ideas para **mejorar el producto de software o la experiencia, basándose en interacciones inadecuadas.**
- **Actividad:** A partir de la investigación y los requerimientos establecidos anteriormente, haz una lista de todas las interacciones inadecuadas que experimentan las personas.
 1. Para cada interacción incorrecta de la lista, crea una pregunta centrada en la oportunidad de mejorar la experiencia de tu producto o servicio. Por ejemplo:
 - “¿Cómo podríamos crear...?”
 - “¿Cómo podríamos mejorar...”
 - “¿Cómo podríamos habilitar...”
 2. Repasa la lista de oportunidades y selecciona las tres que más te interesen.

DIX07



Genera conceptos de diseño basados en interacciones inadecuadas

- **Propósito:** Generar conceptos de **diseño de los interfaces basados en la inspiración de interacciones inadecuadas**.
- **Actividad:** De la lista que se generó en la actividad anterior “Encuentra una solución a interacciones inadecuadas”, elija las tres que más le interesen.
 - Individualmente, utilicen la primera idea y hagan una lluvia de ideas durante 3-5 minutos para generar una lista de posibles soluciones. Escribe las soluciones en notas adhesivas. Una idea por nota.
 - Repitan el paso anterior con las dos siguientes opciones.
 - Si estás en un grupo, comparte tus ideas y agrúpalas en grupos de ideas similares. O filtra las ideas según lo que te gustaría trabajar en equipo.

F. 3 Producir soluciones de diseño

Realiza prototipos de baja fidelidad

- **Propósito:** Perfeccionar las soluciones de las interfaces de forma rápida, iterativa, de bajo coste y centrada en el usuario.
- **Actividad:**
 1. Enumere las micro interacciones de su software (Por ejemplo, en una aplicación de mensajería, una micro interacción podría ser la animación que aparece cuando se envía un mensaje, o el cambio de color de un botón cuando se es presionado).
 2. Elige una de ellas micro interacciones enumeradas para crear un prototipo.
 3. Construye un prototipo de baja fidelidad que haga lo siguiente:
 - Aborde cada paso de la interacción.
 - Pueda comunicar su propia función sin explicaciones.
 4. Prueba el prototipo con los usuarios y observa si les gusta o les molesta.

DIX09



Simula limitaciones para una mejor solución

- **Propósito:** Revelar oportunidades para **mejorar la solución de software propuesta** simulando limitaciones temporales y situacionales..
- **Actividad:**
 1. Escriba la secuencia de pasos que seguirá un usuario al utilizar el software.
 2. De las **herramientas de apoyo sobre Limitaciones temporales y situacionales** (Se encuentran al final de la documentación), elija una limitación.
 3. Recree usted mismo esta limitación.
 4. Repase la secuencia de pasos que escribió en #1.
 5. Anota lo que se podría mejorar.
 6. Ajuste su diseño.
 7. Repita el proceso con otras limitaciones de la tarjeta de ayuda para Límites temporales/situacionales.

DIX10



F. 3 Evaluar diseños frente a requisitos

Evalúa si puedes adaptarte a diferentes contextos y capacidades

- **Propósito:** Evaluar si el software puede adaptarse a diferentes contextos. Cuando el entorno de una persona cambia, sus capacidades podrían cambiar.
- **Actividad:**
 1. De la **herramienta de apoyo de Contexto social** (Se encuentran al final de la documentación) elija un contexto.
 2. De la **herramienta de apoyo de Limitación temporal/situacional** (Se encuentran al final de la documentación), elija una.
 3. ¿En qué medida se adaptará tu solución a esa combinación?
 4. Enumera las modificaciones que harías para adaptar tu solución.
 5. Revisa tu escenario para incluir cómo responde.
 6. Repite con otras combinaciones.

DIX11



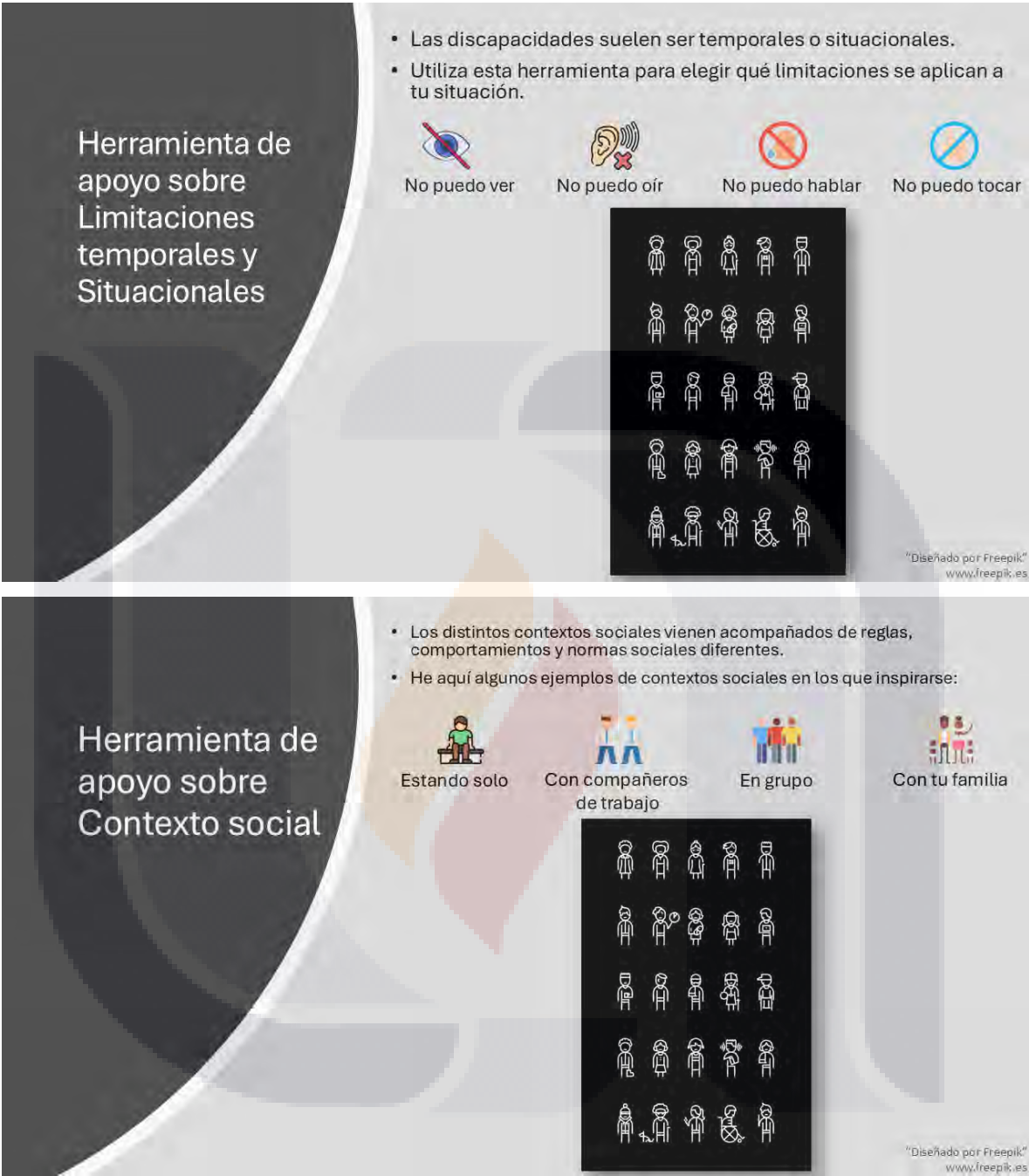
Descubre si el software funciona existiendo limitaciones

- **Propósito:** Descubrir formas de adaptar el software propuesto para que funcione con diversas limitaciones situacionales.
- **Actividad:** Elige con ayuda de las **herramientas de apoyo** (Se encuentran al final de la documentación):
 - Un ejemplo de contexto físico
 - Un ejemplo de contexto social
 1. Tómame de 3 a 5 minutos, piensa en los dos contextos juntos y enumera todas las limitaciones situacionales de tu producto que se te ocurran.
 2. Piensa cómo puede adaptarse tu solución a estas limitaciones situacionales.
 3. Revisa tu solución para adaptarte.
 4. Vuelva al paso n° 2 y repita el proceso con una combinación diferente de ejemplos físicos y sociales.

DIX12



F. 5 Herramientas de apoyo



F.6 Resultados obtenidos en la evaluación de Precisión

Sujeto	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10	Item 11	Item 12	Total
1	4	5	4	4	5	4	4	5	5	5	4	4	53
2	5	4	5	4	5	4	4	5	5	4	5	4	54
3	5	2	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	51

[illegible]

												α=	0.808

F.8 Resultados obtenidos en la evaluación de Coherencia

Sujeto	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10	Item 11	Item 12	Total
1	4	5	4	4	5	4	4	5	5	5	4	4	53
2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60
3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	58
4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	58
5	5	3	5	5	4	4	2	4	5	5	5	5	52
6	4	2	5	5	4	3	2	4	5	5	5	5	49
7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60
8	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	46
9	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60
Varianzas	0.222	1.111	0.173	0.444	0.469	0.469	1.432	0.222	0.099	0.099	0.667	0.173	24.765
												k=	12
												V _i =	5.580
												V _t =	24.765
												α=	0.845

F.9 Resultados obtenidos en la evaluación de Claridad

Sujeto	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10	Item 11	Item 12	Total
1	5	5	3	4	5	4	4	5	5	5	4	4	53
2	5	3	5	4	5	4	4	5	5	4	4	4	52
3	5	2	5	2	5	5	5	5	5	5	5	5	54
4	5	5	3	2	5	5	3	5	5	4	3	4	49
5	3	3	4	5	4	4	3	4	5	5	4	5	49

6	3	4	5	5	4	3	4	4	5	5	3	5	50
7	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	57
8	3	3	4	3	3	3	4	4	4	3	4	4	42
9	5	5	4	2	4	5	2	5	5	4	3	4	48
Varianzas	0.840	1.062	0.617	1.580	0.469	0.617	0.840	0.222	0.173	0.469	0.543	0.247	16.247
												k=	12
												V _i =	7.679
												V _t =	16.247
												α=	0.575

Anexo G Artículos, Capítulos de libro, Asesorías de Tesis, Ponencias, Registros de sistemas, Cursos

Productos

G.1 Artículos publicados JCR

- Ramos-Aguilar, L. R., & Álvarez-Rodríguez, F. J. (2021). Teaching emotions in children with autism spectrum disorder through a computer program with tangible interfaces. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 16(4), 365-371.
- Ramos Aguilar, L. R., Álvarez Rodríguez, F. J., Madero Aguilar, J. R., Navarro Plascencia, V., Peña Mendoza, L. M., Quintero Valdez, J. R., ... & Lazcano Ortiz, L. E. (2023). Implementing Gamification for Blind and Autistic People with Tangible Interfaces, Extended Reality, and Universal Design for Learning: Two Case Studies. *Applied Sciences*, 13(5), 3159.
- Ramos-Aguilar, L. R., & Álvarez-Rodríguez, F. J. (2023). Methodology evaluation: Inclusion of end users in user-centered development process. *IEEE Latin America Transactions*, 21(10), 1103-1113.
- Ramos-Aguilar, L. R., & Álvarez-Rodríguez, F. J. (2024). Digital Content for Libraries considering Extended Reality, Physical Interaction Disabilities, Universal Design for Learning and User-Centered Design: A Systematic Review. *Investigación bibliotecológica*, 38(99), 109-127.

G.2 Registros de software

- Se registró el software "Street Simulator Implementando la metodología MEEEXUU" cuyo objetivo es la enseñanza de habilidades de tránsito en niños con autismo. Este trabajo fue resultado de las labores realizadas en el verano de investigación 2022 dentro de la UAA.



- Se registró el software "Aprendiendo con pesos" cuyo objetivo es la enseñanza de la divisa mexicana en personas ciegas. Este trabajo fue resultado de las labores realizadas en el verano de investigación 2022 dentro de la UAA.

CERTIFICADO

Registro Público del Derecho de Autor

Para los efectos de los artículos 13, 162, 163 fracción I, 164 fracción I, y demás relativos de la Ley Federal del Derecho de Autor, se hace constar que la **OBRA** cuyas especificaciones aparecen a continuación, ha quedado inscrita en el Registro Público del Derecho de Autor, con los siguientes datos:

AUTORES: ÁLVAREZ RODRÍGUEZ FRANCISCO JAVIER
LAZCANO ORTIZ LUIS ELOY
MENDIETA LEON ADRIANA
RAMOS AGUIAR LUIS ROBERTO

TÍTULO: APRENDIENDO CON PESOS

RAMA: PROGRAMAS DE COMPUTACION

TITULARES: ÁLVAREZ RODRÍGUEZ FRANCISCO JAVIER
LAZCANO ORTIZ LUIS ELOY
MENDIETA LEON ADRIANA
RAMOS AGUIAR LUIS ROBERTO

Con fundamento en lo establecido por el artículo 168 de la Ley Federal del Derecho de Autor, las inscripciones en el registro establecen la presunción de ser ciertos los hechos y actos que en ellas consten, salvo prueba en contrario. Toda inscripción deja a salvo los derechos de terceros. Si surge controversia, los efectos de la inscripción quedarán suspendidos en tanto se pronuncie resolución firme por autoridad competente.

El presente certificado se expide con fundamento en el Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, así como de otras leyes para crear la Secretaría de Cultura, publicado el 17 de diciembre de 2015 en el Diario Oficial de la Federación; artículos 26 y 41 Bis, fracción XVIII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; artículos 2, 208, 209 fracción III de la Ley Federal del Derecho de Autor; artículo 69-C de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, de aplicación supletoria de acuerdo con lo establecido por la Ley Federal del Derecho de Autor en su artículo 10; artículo 84 de la Ley General de Mejora Regulatoria; artículos 2, apartado B, fracción IV, 26 y 27 del Reglamento Interior de la Secretaría de Cultura; artículos 103 fracción IV y 104 del Reglamento de la Ley Federal del Derecho de Autor; artículos 1, 3 fracción I, 4, 8 fracción I, 9, 16 y 17 del Reglamento Interior del Instituto Nacional del Derecho de Autor; ACUERDO por el que se establecen los Lineamientos para el uso de la Firma Electrónica Avanzada en los actos y actuaciones de los servidores públicos del Instituto Nacional del Derecho de Autor, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 19 de mayo del año dos mil veintiuno; y Acuerdo por el que se establecen las reglas para la presentación, substanciación y resolución de las solicitudes de registro de obras, fonogramas, videogramas y edición de libros en línea ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor, publicado el 8 de diciembre de 2021 en el Diario Oficial de la Federación.

- Se registró el software "Enseñanza de fracciones para personas ciegas a través de interfaces tangibles implementando la metodología MEEXUU" cuyo objetivo es la enseñanza de fracciones matemáticas en personas ciegas. Este trabajo fue resultado de la asesoría de tesina realizada a alumnos de decimo semestre de la carrera de ingeniería en computación inteligente.

CERTIFICADO

Registro Público del Derecho de Autor

Para los efectos de los artículos 13, 162, 163 fracción I, 164 fracción I, y demás relativos de la Ley Federal del Derecho de Autor, se hace constar que la **OBRA** cuyas especificaciones aparecen a continuación, ha quedado inscrita en el Registro Público del Derecho de Autor, con los siguientes datos:

AUTORES: ALVAREZ RODRIGUEZ FRANCISCO JAVIER
PEREZ DIAZ DAVID DE JESUS
RAMIREZ DURON LEONARDO DE JESUS
RAMOS AGUIAR LUIS ROBERTO

TÍTULO: ENSEÑANZA DE FRACCIONES PARA PERSONAS CIEGAS A TRAVÉS DE INTERFACES TANGIBLES IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA MEEXUU

RAMA: PROGRAMAS DE COMPUTACION

TITULARES: ALVAREZ RODRIGUEZ FRANCISCO JAVIER
PEREZ DIAZ DAVID DE JESUS
RAMIREZ DURON LEONARDO DE JESUS
RAMOS AGUIAR LUIS ROBERTO

Con fundamento en lo establecido por el artículo 168 de la Ley Federal del Derecho de Autor, las inscripciones en el registro establecen la presunción de ser ciertos los hechos y actos que en ellas consten, salvo prueba en contrario. Toda inscripción deja a salvo los derechos de terceros. Si surge controversia, los efectos de la inscripción quedarán suspendidos en tanto se pronuncie resolución firme por autoridad competente.

El presente certificado se expide con fundamento en el Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, así como de otras leyes para crear la Secretaría de Cultura, publicado el 17 de diciembre de 2015 en el Diario Oficial de la Federación; artículos 26 y 41 Bis, fracción XVIII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; artículos 2, 208, 209 fracción III de la Ley Federal del Derecho de Autor; artículo 69-C de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, de aplicación supletoria de acuerdo con lo establecido por la Ley Federal del Derecho de Autor en su artículo 10; artículo 84 de la Ley General de Mejora Regulatoria; artículos 2, apartado B, fracción IV, 26 y 27 del Reglamento Interior de la Secretaría de Cultura; artículos 103 fracción IV y 104 del Reglamento de la Ley Federal del Derecho de Autor; artículos 1, 3 fracción I, 4, 8 fracción I, 9, 16 y 17 del Reglamento Interior del Instituto Nacional del Derecho de Autor; ACUERDO por el que se establecen los Lineamientos para el uso de la Firma Electrónica Avanzada en los actos y actuaciones de los servidores públicos del Instituto Nacional del Derecho de Autor, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 19 de mayo del año dos mil veintiuno; y Acuerdo por el que se establecen las reglas para la presentación, substanciación y resolución de las solicitudes de registro de obras, fonogramas, videogramas y edición de libros en línea ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor, publicado el 8 de diciembre de 2021 en el Diario Oficial de la Federación.

- Se registró el software “Mente sabia” el cual fue resultado de una colaboración realizada con la facultad de filosofía y un alumno de maestría.

CERTIFICADO

Registro Público del Derecho de Autor

Para los efectos de los artículos 13, 162, 163 fracción I, 164 fracción I, y demás relativos de la Ley Federal del Derecho de Autor, se hace constar que la **OBRA** cuyas especificaciones aparecen a continuación, ha quedado inscrita en el Registro Público del Derecho de Autor, con los siguientes datos:

AUTORES: ÁLVAREZ RODRÍGUEZ FRANCISCO JAVIER
HERMOSILLO DE LA TORRE ALICIA EDITH
PINEDA GIRALDO SEBASTIÁN
RAMOS AGUIAR LUIS ROBERTO

TÍTULO: MENTE SABIA

RAMA: PROGRAMAS DE COMPUTACION

TITULARES: ÁLVAREZ RODRÍGUEZ FRANCISCO JAVIER
HERMOSILLO DE LA TORRE ALICIA EDITH
PINEDA GIRALDO SEBASTIÁN
RAMOS AGUIAR LUIS ROBERTO

Con fundamento en lo establecido por el artículo 168 de la Ley Federal del Derecho de Autor, las inscripciones en el registro establecen la presunción de ser ciertos los hechos y actos que en ellas consten, salvo prueba en contrario. Toda inscripción deja a salvo los derechos de terceros. Si surge controversia, los efectos de la inscripción quedarán suspendidos en tanto se pronuncie resolución firme por autoridad competente.

El presente certificado se expide con fundamento en el Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, así como de otras leyes para crear la Secretaría de Cultura, publicado el 17 de diciembre de 2015 en el Diario Oficial de la Federación; artículos 26 y 41 Bis, fracción XVIII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; artículos 2, 208, 209 fracción III de la Ley Federal del Derecho de Autor; artículo 69-C de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, de aplicación supletoria de acuerdo con lo establecido por la Ley Federal del Derecho de Autor en su artículo 10; artículo 84 de la Ley General de Mejora Regulatoria; artículos 2, apartado B, fracción IV, 26 y 27 del Reglamento Interior de la Secretaría de Cultura; artículos 103 fracción IV y 104 del Reglamento de la Ley Federal del Derecho de Autor; artículos 1, 3 fracción I, 4, 8 fracción I, 9, 16 y 17 del Reglamento Interior del Instituto Nacional del Derecho de Autor; ACUERDO por el que se establecen los Lineamientos para el uso de la Firma Electrónica Avanzada en los actos y actuaciones de los servidores públicos del Instituto Nacional del Derecho de Autor, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 19 de mayo del año dos mil veintiuno; y Acuerdo por el que se establecen las reglas para la presentación, substanciación y resolución de las solicitudes de registro de obras, fonogramas, videogramas y edición de libros en línea ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor, publicado el 8 de diciembre de 2021 en el Diario Oficial de la Federación.

Se registró el software "CONDUCT-LAB" el cual se realizó en colaboración con la Universidad de Guadalajara.

CERTIFICADO

Registro Público del Derecho de Autor

Para los efectos de los artículos 13, 162, 163 fracción I, 164 fracción I, y demás relativos de la Ley Federal del Derecho de Autor, se hace constar que la **OBRA** cuyas especificaciones aparecen a continuación, ha quedado inscrita en el Registro Público del Derecho de Autor, con los siguientes datos:

AUTORES: ÁLVAREZ RODRÍGUEZ FRANCISCO JAVIER
ECHEVERRRI LLANO MARTÍN
RAMOS AGUIAR LUIS ROBERTO
RODRÍGUEZ PÉREZ MARÍA ELENA

TÍTULO: CONDUCT-LAB

RAMA: PROGRAMAS DE COMPUTACION

TITULARES: ÁLVAREZ RODRÍGUEZ FRANCISCO JAVIER
ECHEVERRRI LLANO MARTÍN
RAMOS AGUIAR LUIS ROBERTO
RODRÍGUEZ PÉREZ MARÍA ELENA

Con fundamento en lo establecido por el artículo 168 de la Ley Federal del Derecho de Autor, las inscripciones en el registro establecen la presunción de ser ciertos los hechos y actos que en ellas consten, salvo prueba en contrario. Toda inscripción deja a salvo los derechos de terceros. Si surge controversia, los efectos de la inscripción quedarán suspendidos en tanto se pronuncie resolución firme por autoridad competente.

El presente certificado se expide con fundamento en el Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, así como de otras leyes para crear la Secretaría de Cultura, publicado el 17 de diciembre de 2015 en el Diario Oficial de la Federación; artículos 26 y 41 Bis, fracción XVIII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; artículos 2, 208, 209 fracción III de la Ley Federal del Derecho de Autor; artículo 69-C de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, de aplicación supletoria de acuerdo con lo establecido por la Ley Federal del Derecho de Autor en su artículo 10; artículo 84 de la Ley General de Mejora Regulatoria; artículos 2, apartado B, fracción IV, 26 y 27 del Reglamento Interior de la Secretaría de Cultura; artículos 103 fracción IV y 104 del Reglamento de la Ley Federal del Derecho de Autor; artículos 1, 3 fracción I, 4, 8 fracción I, 9, 16 y 17 del Reglamento Interior del Instituto Nacional del Derecho de Autor; ACUERDO por el que se establecen los Lineamientos para el uso de la Firma Electrónica Avanzada en los actos y actuaciones de los servidores públicos del Instituto Nacional del Derecho de Autor, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 19 de mayo del año dos mil veintiuno; y Acuerdo por el que se establecen las reglas para la presentación, substanciación y resolución de las solicitudes de registro de obras, fonogramas, videogramas y edición de libros en línea ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor, publicado el 8 de diciembre de 2021 en el Diario Oficial de la Federación.

G.3 Artículos publicados en Congresos

- Ramos Aguiar, L. R., Álvarez Rodríguez, F. J., Ponce Gallegos, J. C., & Velázquez Amador, C. E. (2022, June). Elicitation of Requirements for Extended Reality Generation Considering Universal Design for Learning and User-Centered Design for People with Disabilities. In Universal Access in Human-Computer Interaction. User and Context Diversity: 16th International Conference, UAHCI 2022, Held as Part of the 24th HCI International Conference, HCII 2022, Virtual Event, June 26–July 1, 2022, Proceedings, Part II (pp. 262-276). Cham: Springer International Publishing.
- Ramos Aguiar, L. R., Álvarez Rodríguez, F. J., Ponce Gallegos, J. C., & Velázquez Amador, C. E. (2022, October). Tangible Application of Gamification for Teaching

Spatial Topics to Blind People Based on Universal Design for Learning. In *International conference on technological ecosystems for enhancing multicultural* (pp. 597-605). Singapore: Springer Nature Singapore.

G.4 Formación de alumnos

- Se asesoró la tesina titulada “Implementación de gamificación en el aprendizaje de sumas y restas de fracciones para niños ciegos con uso de interfaces tangibles”.



- Se asesoró la tesina titulada “Fracciones tangibles orientado a diseño universal para el aprendizaje”.



CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

Nombre Tesis:

Fracciones tangibles orientado a diseño universal para el aprendizaje

Tesina para obtener el título de Licenciado en Ingeniería en Computo Inteligente

Presenta:

David De Jesús Pérez Díaz

Asesores:

Mtro. Luis Roberto Ramos Aguiar

- Se asesoró la tesina titulada “Comparación entre Bosque Aleatorio y Máquinas de Soporte Vectorial Como Técnicas de Machine Learning en la Detección de Tendencias Autistas”.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

Tesina

"Comparación entre Bosque Aleatorio y Máquinas de Soporte Vectorial Como Técnicas de Machine Learning en la Detección de Tendencias Autistas"

Presenta

Pablo Emmanuel Álvarez Naranjo

Para Obtener el Grado de Ingeniero en Computación Inteligente

Director:

Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez

Comité Tutorial:

M. C. Elisa Isabel Gómez Gómez

M. C. Luis Roberto Ramos Aguilar

Aguascalientes, Ags., Agosto 2024

G.5 Ponencias y divulgación científica

- Se presentó el paper titulado "Tangible application of gamification for teaching spatial topics to blind people based on universal design for learning" en el congreso internacional hci international 2022.



- Se presentó el paper titulado "Tangible application of gamification for teaching spatial topics to blind people based on universal design for learning" en el congreso internacional TEEM' 22.



ID DOCUMENTO: XAL74W60-21L
Verificación código: <https://sede.usal.es/verifica>

We, hereby, certify that:

LUIS ROBERTO RAMOS AGUIAR

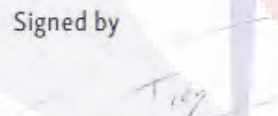
has presented the paper entitled

ID007 - TANGIBLE APPLICATION OF GAMIFICATION FOR TEACHING SPATIAL TOPICS TO BLIND PEOPLE BASED ON UNIVERSAL DESIGN FOR LEARNING.

at the 10th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM 2022).

The conference was held in Salamanca, Spain, on October 19-21, 2022 and organized by the Research Group in InterAction and eLearning (GRIAL) and Research Institute for Educational Science (IUCE) at the University of Salamanca.

Signed by


Francisco J. García Peñalvo
TEEM2022 Conference Chair



VNIVERSIDAD
DSALAMANCA



Research Group
Interaction and eLearning
University of Salamanca



FIRMADO POR	FECHA FIRMA
GARCIA PEÑALVO FRANCISCO JOSÉ	29-10-2022 10:50:31

Documento firmado digitalmente - Pálo de Escuelas, nº 1, 37008, Salamanca
Universidad de Salamanca

Página: 1 / 1

- Se participó en el seminario y actividades de vinculación entre la UAA - CENIDET donde se expusieron los avances de tesis obtenidos hasta el momento



- Se realizó la Ponencia de los avances de tesis dentro del Congreso Internacional La Investigación en el Posgrado



- Se realizó la ponencia "Interfaces Tangibles para la Enseñanza de Contenidos Digitales en Usuarios Sordos: Vacunas COVID-19" en el 1er Coloquio Internacional del Doctorado en Ciencias de la Computación de la Universidad del Cauca



- Se realizó la ponencia "Lentes virtuales" en el marco del proyecto STEAM PARCK y del proyecto de Robótica educativa.



Nayarit
NUESTRO DESARROLLO Y COMPROMISO

SERVICIOS DE
EDUCACIÓN PÚBLICA
DEL ESTADO DE NAYARIT



A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES
PRESENTE.

El jardín de niños: "MA. DE LA LUZ RIOS CONTRERAS" con clave: **18DJN0237R**, perteneciente a la Zona: 30, Sector: 04 de Educación Preescolar, ubicado en Calle: Trébol S/N, en el Fraccionamiento: Villas del Roble, de esta ciudad de Tepic, Nayarit.

OTORGA CONSTANCIA POR DIVULGACION CIENTÍFICA.

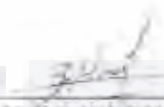
AL MTRO. EN CIENCIAS DE LA COMPUTACION: **LUIS ROBERTO RAMOS AGUIAR**, por su destacada participación el día de hoy en el marco del proyecto de STEAM PARK y del proyecto de Robótica Educativa, con la presentación de lentes virtuales a los alumnos de tercer grado atendiendo 65 alumnos de nuestro plantel.

Se extiende la presente constancia el día 26 de junio de 2023, para los fines que al interesado convenga.



A T E N T A M E N T E.

SEPEN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
DPTO. DE EDUC. PREESCOLAR
JARDÍN DE NIÑOS
MA. DE LA LUZ
RIOS CONTRERAS
CLAVE: 18DJN0237R
TEPIC, NAYARIT


MAGDALENA ROSA BELTRAN MOREO,
DIRECTORA.

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN INICIAL Y PREESCOLAR

Avenida del Parque esquina Avenida de la Cultura S/N, Ciudad del Valle C.P. 63157 Tepic, Nayarit



- Se realizó la ponencia "Street Simulator 2.0: An innovative tool for mobility skills development in children with autism" en el congreso internacional TEEM'24.



G.6 Cursos

- Se realizó el diplomado "Analista en educación inclusiva" organizado por la Red Internacional de Tecnologías inclusivas y Educación (RITIE) del 17 de agosto al 23 de noviembre del 2022



La Red Internacional de Tecnologías inclusivas y Educación

Le otorga la presente

CONSTANCIA

A:

Luis Roberto Ramos Aguilar

Por acreditar satisfactoriamente el diplomado
"Analista en educación inclusiva"

Realizado en el periodo comprendido del 17 de agosto al 23 de noviembre de 2022, con una duración de 120 horas.

Se extiende la presente a petición del interesado(a) para los fines que juzgue conveniente.

Dr. Jesús Andrés Sandoval Bringas

Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez

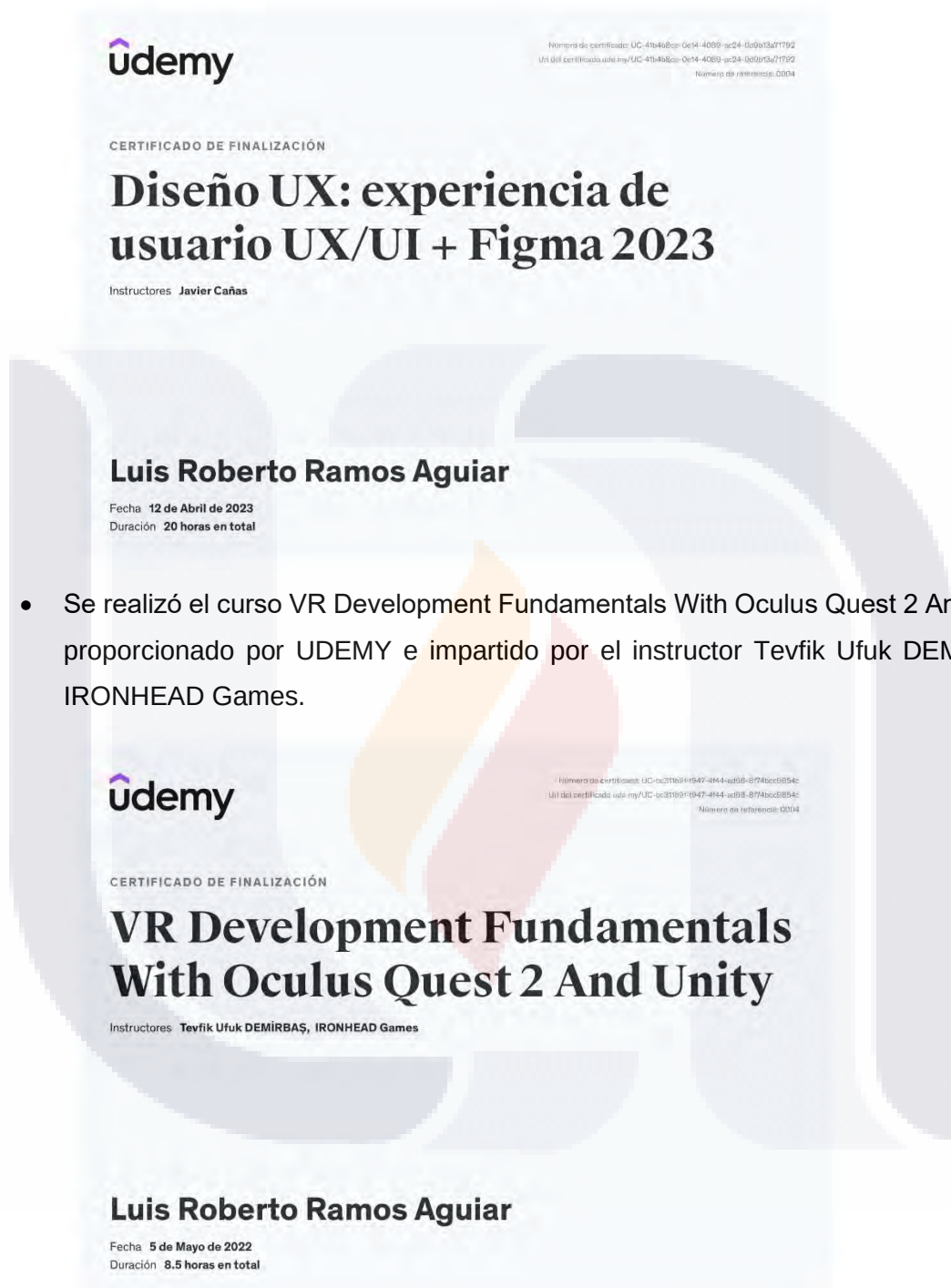
Presidente

Vicepresidente



La Paz, Baja California Sur, México, a 9 de enero de 2023.

- Se realizó el curso "Diseño UX: Experiencia de usuario UX/UI + Figma 2023" proporcionado por UDEMY e impartido por el instructor Javier Cañas.



- Se realizó el curso "Multiplayer Virtual Reality (VR) Development With Unity" proporcionado por UdeMY e impartido por el instructor Tevfik Ufuk DEMİRBAS, IRONHEAD Games.



- Se realizó el curso “Augmented Reality (AR) apps with unity & Vuforia” proporcionado por UDEMY e impartido por Dinesh Tavasalkar.

G.8 Estancias de Investigación

Se realizaron dos estancias de investigación que sirvieron para obtener mayores conocimientos de los nuevos paradigmas tecnológicos y reforzar lo aprendido en el doctorado, la primera estancia fue en la universidad autónoma de Nayarit a cargo de la Dra. Perla Aguilar Navarrete.



Universidad
Autónoma
de Nayarit

Tepic, Nayarit., a 8 de enero del 2024

MTIEAE/081/2024

M.C.C. LUIS ROBERTO RAMOS AGUIAR.

Estudiante del Doctorado en Ciencias Aplicadas y Tecnología
ID:266432

Atención: DR. FRANCISCO JAVIER ÁLVAREZ RODRÍGUEZ

Docente Investigador de la Universidad Autónoma de Aguascalientes
Departamento de ciencias Básicas

Estimado Maestro Luis Roberto Ramos Aguiar, reciba un cordial saludo de mi parte y me dirijo a usted en mi calidad de coordinadora de la Maestría en Tecnologías de Información Emergentes Aplicadas a la Educación (MTIEAE) de la Unidad Académica de Economía en la Universidad Autónoma de Nayarit para invitarlo a participar en el proyecto de investigación "Realidad Aumentada para personas con discapacidad y de tercera edad en Museos de Tepic Nayarit".

En esta ocasión, tenemos el placer de extenderle una invitación formal para que realice una estancia de investigación con nosotros desde el 15 de enero hasta el 15 de junio de 2024. Su destacada trayectoria y experiencia en el ámbito de las tecnologías emergentes aplicadas a la educación serían de gran valor para nuestro proyecto, el cual también forma parte del trabajo del Cuerpo Académico de Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Educación.

Durante esta estancia, su colaboración será esencial para el desarrollo y ejecución de nuestro proyecto, además que su participación brindará un apoyo significativo a la tesis del alumno Christian Eduardo Sandoval Gutiérrez, quien está cursando la maestría mencionada.

Estamos convencidos de que su contribución enriquecerá significativamente nuestros esfuerzos y contribuirá al avance del conocimiento en esta área emergente. Esperamos contar con su valiosa presencia y colaboración en este importante proyecto. Agradecemos de antemano su consideración a nuestra invitación y quedamos atentos a su respuesta para coordinar los detalles de su estancia.

Sin otro particular, le reitero nuestro agradecimiento y quedo a su disposición para cualquier consulta adicional.

Atentamente
"Por lo nuestro a lo universal"



DRA. PERLA AGUILAR NAVARRETE

Coordinadora de la Maestría en Tecnologías de Información Emergentes Aplicadas a la Educación

c.c.g Archivo
Coordinación de la
Maestría en Tecnologías
de Información Emergentes
Aplicadas a la Educación

Edificio Administrativo
Calle 10 de Mayo s/n, Tepic, Nayarit, México
Tel. 01 (52) 31 1 23 45 67 89
www.unanayarit.mx



CONSTANCIA DE ESTANCIA DE INVESTIGACIÓN

En la ciudad de Tepic, Nayarit, a 15 de junio del 2024, se hace constar que el **Mtro. Luis Roberto Ramos Aguilar** estudiante del Doctorado en Ciencias Aplicadas y Tecnología con ID:266432, ha llevado a cabo una **Estancia de Investigación** en la Universidad Autónoma de Nayarit, en el marco del **proyecto "Realidad Aumentada para personas con discapacidad y de tercera edad en Museos de Tepic Nayarit"**, desarrollado por la Maestría en Tecnologías de Información Emergentes Aplicadas a la Educación (MTIEAE).

La estancia de investigación se realizó en el periodo comprendido entre el 15 de enero y el 15 de junio de 2024. Durante este tiempo, el Mtro. Ramos Aguilar colaboró activamente en el desarrollo y ejecución del mencionado proyecto, aportando sus conocimientos y experiencia en el ámbito de las tecnologías emergentes aplicadas a la educación.

Asimismo, su participación fue fundamental en el apoyo a la tesis del alumno Christian Eduardo Sandoval Gutiérrez, quien cursa la maestría en Tecnologías de Información Emergentes Aplicadas a la Educación. El Mtro. Ramos Aguilar demostró un alto compromiso y profesionalismo, contribuyendo significativamente al avance del proyecto y al enriquecimiento académico de la institución.

Por lo anterior, la Universidad Autónoma de Nayarit extiende la presente constancia en reconocimiento a su valiosa colaboración durante la mencionada estancia de investigación.

Atentamente
"Por lo nuestro a lo universal"

DRA. PERLA AGUILAR NAVARRETE
Coordinadora de la Maestría en Tecnologías de Información Emergentes Aplicadas a la Educación



c.c.p. Archivo

**Coordinación de la
Maestría en Tecnologías
de Información Emergentes
Aplicadas a la Educación**

Edificio Administrativo
Calle de la Cultura #1400 63000 Tepic, Nayarit
Tel: 01-88 00 24 0190
mailto:maestria@uadn.mx

La segunda estancia se realizó en la universidad de La Laguna en Tenerife España a cargo de la Dra. Carina Soledad.

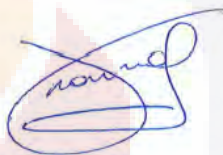
San Cristóbal de La Laguna, Tenerife, España; 13 de febrero del 2024

Asunto: Constancia de aceptación

A QUIEN CORRESPONDA:

Por medio de la presente me permito informar que el Alumno **Luis Roberto Ramos Aguiar** con número de matrícula **266432** del doctorado en **Ciencias Aplicadas y Tecnología (DCAT)** ha sido aceptado para realizar su estancia de investigación en el **grupo Interacción, TIC y Educación** durante el periodo comprendido del **09 de septiembre** al **10 de noviembre del 2024** donde será asesorado por la **Dra. Carina Soledad González González** para que aplique sus conocimientos teóricos y competencias profesionales que adquirió durante su trayectoria académica para fortalecer su trabajo de investigación.

ATENTAMENTE



Dra. Carina Soledad González González

Catedrática Arquitectura y Tecnología de Computadores de la Universidad de la Laguna

Directora del Grupo de investigación Interacción, TIC y Educación (ITED)

Directora del Instituto Universitario de Estudios de las Mujeres (IUEM)

CONSTANCIA DE CONCLUSIÓN DE ESTANCIA**A quien corresponda:**

En la ciudad de San Cristóbal de la Laguna, Tenerife, España, a 30 de noviembre, se hace constar que el Alumno **Luis Roberto Ramos Aguiar** estudiante del **Doctorado en Ciencias Aplicadas y Tecnología (DCAT)** de la **Universidad Autónoma de Aguascalientes** con **ID: 266432**, ha llevado a cabo una **Estancia de Investigación en la Universidad de La Laguna** donde compartió con el **Grupo de investigación Interacción, TIC y Educación (ITED)**, desarrollando investigación aplicada en el Área de Diseño Inclusivo.

La estancia de investigación se realizó en el periodo comprendido entre el **7 de septiembre y el 10 de noviembre de 2024**. Durante este tiempo, el alumno **Luis Roberto Ramos Aguiar** colaboró activamente en el desarrollo de una herramienta para mejorar el proceso de construcción de software para personas con discapacidad a través de un enfoque de **Diseño de interacción (DIX)**, obteniendo los elementos necesarios para una futura publicación científica, asimismo, compartió conocimiento con otros estudiantes y asistió a la materia de **Interacción Humano-Computador (HCI)** dentro del campus.

Por lo anterior, La Universidad de La Laguna extiende la presente constancia en reconocimiento a su valiosa colaboración durante la mencionada estancia de investigación.

ATENTAMENTE**Carina Soledad González González**

Catedrática Arquitectura y Tecnología de Computadores de la Universidad de la Laguna
Directora del Grupo de investigación Interacción, TIC y Educación (ITED)
Directora del Instituto Universitario de Estudios de las Mujeres (IUEM)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 7019284 Código de verificación: da1Y/CX3

Firmado por: Carina Soledad González González
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 30/11/2024 00:31:19

G.9 Retribución Social



Universidad
Autónoma
de Nayarit

CONSTANCIA DE RETRIBUCIÓN SOCIAL

En la ciudad de Tepic, Nayarit, a 17 de julio del 2024, se hace constar que el Mtro. Luis Roberto Ramos Aguiar estudiante del Doctorado en Ciencias Aplicadas y Tecnología con ID:266432 ha cumplido con las actividades de retribución social en la Universidad Autónoma de Nayarit, en el marco de la Maestría en Tecnologías de Información Emergentes Aplicadas a la Educación (MTIEAE).

El Mtro. Roberto Ramos Aguiar impartió la unidad de aprendizaje de "Diseño de Aplicaciones Móviles para la Educación", durante el cuatrimestre de abril julio del 2024 completando un total de 80 horas de docencia. Durante este periodo, el Mtro. Ramos Aguiar demostró un alto nivel de compromiso y profesionalismo, contribuyendo significativamente al desarrollo académico de los estudiantes.

La Universidad Autónoma de Nayarit reconoce y agradece su valiosa participación y esfuerzo en el cumplimiento de estas actividades, las cuales son fundamentales para el fortalecimiento de la formación de nuestros alumnos y el avance de la maestría.

Por lo anterior, se extiende la presente constancia en reconocimiento a su destacado desempeño y colaboración en la unidad de aprendizaje mencionada.

Atentamente
"Por lo nuestro a lo universal"



Universidad
Autónoma
de Nayarit

DIRECCIÓN ACADÉMICA DE ECONOMÍA
Maestría en Tecnologías de la Información
Aplicadas a la Educación

DRA. PERLA AGUILAR NAVARRETE

Coordinadora de la Maestría en Tecnologías de Información Emergentes Aplicadas a la Educación

c.c.p. Archivo

**Coordinación de la
Maestría en Tecnologías
de Información Emergentes
Aplicadas a la Educación**

Edificio Administrativo

Cd. de la Cultura Ramón Vázquez CP 63000 Tepic, Nayarit

Tel: 231 51 00 00 Ext. 0000

mailto:coordinacion@uayn.mx

Co



GOBIERNO DE
MÉXICO



CONAHCYT

Ciudad de México a 04 de diciembre de 2023

Lic. Talia Verónica García Aguilar

Coordinadora de Apoyos a Becarios e Investigadores

PRESENTE

Como parte de los compromisos adquiridos en el numeral 8 "LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES DEL BECARIO, DE LA COORDINACIÓN ACADÉMICA DE PROGRAMA DEL POSGRADO POSTULANTE Y DEL CONACYT, CON MOTIVO DE LA ASIGNACIÓN DE LA BECA," de la Convocatoria BECAS CONACYT NACIONALES 2022, en la cual el C. Luis Roberto Ramos Aguilar con número de CVU 948396 fue beneficiado con una beca para obtener el grado de Doctor en el programa Doctorado en Ciencias Aplicadas y Tecnología con número de registro PNPC 5820, que se imparte en la Universidad Autónoma de Aguascalientes, se hace constar que el C. Luis Roberto Ramos Aguilar realizó 2 actividades de retribución social que se enlistan en el documento anexo a este documento.

Dichas actividades de retribución social se realizaron durante el periodo 2021 - 2025 tiempo que el becario fue alumno regular de esta Universidad. Asimismo, hago constar que, conforme a lo establecido en la Ley General de Archivos, la coordinación del posgrado organiza y conserva la evidencia documental de dichas actividades en caso de que el Conahcyt o cualquier otra instancia la requiera.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Dr. Carlos Javier Flores Aguirre

Coordinador de la Maestría en Ciencia del Comportamiento



Centro de Estudios e

Investigaciones en Comportamiento

Sello de la institución

Actividad 1. Desarrollo del sistema computacional "Juego de Laberinto"

Co



GOBIERNO DE
MÉXICO



CONAHCYT

Descripción de la actividad: Se desarrolló el sistema computacional denominado Juego de Laberinto el cual fue empleado durante la investigación: Efectos del entrenamiento con distintos niveles de apoyo en el desempeño de solución de problemas. Para llevarlo a cabo, se analizaron los distintos escenarios a realizar en conjunto con el estudiante responsable de la investigación (Martín Echeverri Llano) y su director de tesis (Dra. María Elena Rodríguez Pérez) del Centro de Estudios e Investigaciones en Comportamiento de la Universidad de Guadalajara. Se realizó un bosquejo de las posibles soluciones y se definió el orden de las actividades que se estarían programando. Asimismo, se eligió UNITY3D como entorno de desarrollo para construir el sistema y se creó una base de datos para el almacenamiento de la información recolectada. Además, se tuvieron reuniones semanales para observar el avance del sistema y disipar dudas que fueran saliendo conforme se iba avanzando. Finalmente, se realizaron pruebas unitarias en conjunto con el responsable de la investigación para analizar el correcto funcionamiento de los escenarios construidos y pasar a la sección de pruebas con potenciales usuarios.

Fecha de inicio: 01 de febrero del 2023

Fecha de término: 16 de junio del 2023

Institución en la que se realizó la actividad: Centro de Estudios e Investigaciones en Comportamiento de la Universidad de Guadalajara

Nombre del responsable de supervisar la actividad: Dra. María Elena Rodríguez Pérez

Cargo del responsable de supervisar la actividad: Profesor investigador Titular "C" (SNI 2)

Datos de contacto del responsable de la actividad:
mariae.rodriguezp@academicos.udg.mx

Descripción del impacto social de la actividad: La programación llevada a cabo por Luis Roberto Ramos Aguiar permitió al responsable de la investigación, Martín Echeverri Llano, recabar datos empíricos respecto del aprendizaje en tareas de solución de problemas. El sistema computacional desarrollado permitió a los investigadores del Centro de Estudios e Investigaciones en Comportamiento de la Universidad de Guadalajara encontrar las relaciones entre la rapidez y efectividad del aprendizaje en diferentes escenarios instruccionales, así como

Co



GOBIERNO DE
MÉXICO



CONAHCYT

en la generalización de lo aprendido. Estos hallazgos son importantes en la comprensión del comportamiento humano complejo con un enfoque de ciencia básica.

[Firma]
Luis Roberto Ramos Aguiar
CVU 948396

[Firma]

Dr. Carlos Javier Flores Aguirre
Coordinador de la Maestría en
Ciencia del Comportamiento

[Firma]

Dra. María Elena Rodríguez Pérez
Profesor investigador Titular "C" de la
Universidad de Guadalajara



Centro de Estudios e
Investigaciones en Comportamiento
Sello de la coordinación de
posgrado



Centro de Estudios e
Investigaciones en Comportamiento
Sello de la institución a la que
pertenecen el responsable de la
actividad

Actividad 2. Desarrollo de sistema computacional para el análisis del efecto de la dimensión moral del comportamiento en la relación decir- hacer

Descripción de la actividad: Se desarrolló el sistema computacional para analizar el efecto de la dimensión moral del comportamiento en la relación decir-hacer como parte de la línea de investigación sobre correspondencia decir-hacer-describir. La estudiante de la Maestría en Ciencia de Comportamiento Ariadna Noemi Martínez Ortiz fue la responsable de la investigación bajo la dirección de la Dra. María Elena Rodríguez Pérez, investigadora del Centro de Estudios e Investigaciones en Comportamiento de la Universidad de Guadalajara. El sistema computacional se inició con la construcción de las interfaces gráficas e interacciones proporcionadas por el responsable de la investigación.

Co



GOBIERNO DE
MÉXICO



CONAHCYT

en la generalización de lo aprendido. Estos hallazgos son importantes en la comprensión del comportamiento humano complejo con un enfoque de ciencia básica.

[Firma]
Luis Roberto Ramos Aguiar
CVU 948396

[Firma]

Dr. Carlos Javier Flores Aguirre
Coordinador de la Maestría en
Ciencia del Comportamiento

[Firma]

Dra. María Elena Rodríguez Pérez
Profesor investigador Titular "C" de la
Universidad de Guadalajara



Centro de Estudios e
Investigaciones en Comportamiento
Sello de la coordinación de
posgrado



Centro de Estudios e
Investigaciones en Comportamiento
Sello de la institución a la que
pertenecen el responsable de la
actividad

Actividad 2. Desarrollo de sistema computacional para el análisis del efecto de la dimensión moral del comportamiento en la relación decir- hacer

Descripción de la actividad: Se desarrolló el sistema computacional para analizar el efecto de la dimensión moral del comportamiento en la relación decir-hacer como parte de la línea de investigación sobre correspondencia decir-hacer-describir. La estudiante de la Maestría en Ciencia de Comportamiento Ariadna Noemi Martínez Ortiz fue la responsable de la investigación bajo la dirección de la Dra. María Elena Rodríguez Pérez, investigadora del Centro de Estudios e Investigaciones en Comportamiento de la Universidad de Guadalajara. El sistema computacional se inició con la construcción de las interfaces gráficas e interacciones proporcionadas por el responsable de la investigación.

Cu



GOBIERNO DE
MÉXICO



CONAHCYT

[Signature]

Luis Roberto Ramos Aguilar
CVU 948396

[Signature]

[Signature]
Dr. Carlos Javier Flores Aguirre
Coordinador de la Maestría en
Ciencia del Comportamiento

[Signature]
Dra. María Elena Rodríguez Pérez
Profesor investigador Titular "C" de la
Universidad de Guadalajara



Centro de Estudios e
Investigaciones en Comportamiento

Sello de la coordinación de
posgrado



Centro de Estudios e
Investigaciones en Comportamiento

Sello de la institución a la que
pertenece el responsable de la
actividad

Anexo H Premios

Se obtuvo el premio al “Best Paper” en el Congreso TEEM’ 2024 organizado en la universidad de Alicante, España.

