Proceedings of the XXIV International Conference on Human-Computer Interaction

INTERACCIÓN 2024

June 19 – 21, 2024. A Coruña, Spain

INTERACCIÓN 2024

XXIV CONGRESO INTERNACIONAL DE INTERACCIÓN PERSONA-ORDENADOR

A CORUÑA, DEL 19 AL 21 DE JUNIO DE 2024

Este congreso ha sido posible gracias a la colaboración de los siguientes colaboradores y patrocinadores:

Patrocinadores:

Colaboradores:

Asociados:

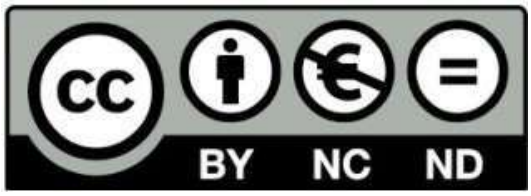
Editores:

Julián Flores
José A. Taboada
Alejandro Catalá
Nelly Condori-Fernández
Arcadio Reyes-Lecuona

Interacción 2024
https://interaccion24.citius.gal/ AIPO
https://aipo.es/

© de los artículos: los autores
Diseño gráfico y maquetación: Irene Taboada Castiñeiras
Diseño gráfico del logotipo: Noelia Gallego Campos

ISBN: 978-84-09-62293-1



Esta obra está sujeta a una licencia Creative Commons:
Reconocimiento - No comercial - Sin Obra Derivada (cc-by-nc-nd):
http://creativecommons.org/licences/by-nc-nd/3.0/es
Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización, pero con el reconocimiento y atribución de los autores. No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar, transformar o hacer obras derivadas.

Interacción 2024. Prefacio

Nos complace presentarles las actas de la Interacción 2024. La Interacción es un evento anual promovido por la Asociación de Persona-Ordenador, AIPO y por la división española de ACM SIGCHI (Special Interest Group on Computer-Human Interaction), CHISPA, cuyo objetivo es promover y dar a conocer los avances científicos relacionados con la disciplina Interacción Persona-Ordenador (HCI) dentro de la comunidad hispanohablante.

Desde el año 2000, con una única interrupción en 2020 debido a la pandemia del COVID-19, AIPO ha promovido los congresos anuales de Interacción. Así, se han celebrado en Granada (2000), Salamanca (2001), Leganés (2002), Vigo (2003), Lleida (2004), Granada (como parte de la celebración del primer CEDI en 2005), Puertollano (2006), Zaragoza (durante la celebración del CEDI 2007), Albacete (2008), Barcelona y Armenia, Colombia 1, (2009), Valencia (durante la celebración del CEDI 2010), Lisboa (2011), Elche (2012), Madrid (durante la celebración del CEDI 2013), Tenerife (2014), Vilanova i la Geltrú 2 (2015), Salamanca (durante la celebración del CEDI 2016), Cancún, México (2017), Palma de Mallorca (2018), San Sebastián (2019), Málaga (durante la celebración del CEDI 2021), Teruel (2022), Lleida (2023), y este año en A Coruña (durante la celebración del CEDI 2024).

Esta publicación recoge un total de 54 artículos aceptados, entre los que se encuentran 19 artículos largos, 20 artículos cortos y otras 15 contribuciones divididas entre demostradores (6), presentaciones de proyectos grupales (4) y divulgaciones de otros artículos previos relevantes (5). En conjunto configuran el programa de la conferencia, que estará dividida en 12 sesiones temáticas.

Nos sentimos honrados de poder contar con la presencia como orador principal del Dr. David Glowacki, director del Laboratorio de Realidades Intangibles en el Centro Singular de investigación en tecnologías inteligentes (CITIUS) de la Universidad de Santiago de Compostela. Su conferencia titulada “Exploring intangible realities using virtual reality: From molecules to numadelics” inaugurará nuestro programa, mostrando un ejemplo de la investigación transversal interdisciplinar (que incluye HCI) llevada a cabo en su laboratorio.

Queremos agradecer a la comunidad de la Interacción por sus contribuciones intelectuales y otros servicios prestados para la conferencia. Cada artículo presentado ha pasado un proceso de tres revisiones lo que ha supuesto más de 120 revisiones en total. También queremos agradecer a AIPO y CHISPA por habernos ayudado a que esta conferencia sea un éxito.

Co-presidentes de la Interacción 2024:

Julián Flores, José A. Taboada, Alejandro Catalá, Nelly Condori-Fernández, Arcadio Reyes-Lecuona

Comités

Presidencia

Julián Flores
José A. Taboada
Alejandro Catalá
Nelly Condori-Fernández
Arcadio Reyes-Lecuona

Revisores

- Afra Pascual Almenara (Universidad de Lleida, España)
- Alejandro Catala (Universidad de Santiago de Compostela, España)
- Alejandro Fernández (UNLP, Argentina)
- Alicia García Holgado (Universidad de Salamanca, España)
- Ángel Jiménez Fernández (Universidad de Sevilla, España)
- Antonio Díaz Estrella (Universidad de Málaga, España)
- António Mendes (University of Coimbra, Portugal)
- Arcadio Reyes Lecuona (Universidad de Málaga, España)
- Aruquia Peixoto (CEFET/RJ, Brasil)
- Asier Marzo (Public University of Navarre, España)
- Begoña Losada (Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea, España)
- Carlos Vaz de Carvalho (Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal)
- Cecilia Sanz (Universidad Nacional de La Plata, Argentina)
- Cesar A. Collazos (Universidad del Cauca, Colombia)
- Christian Sturm Hamm-Lippstadt (University of Applied Sciences, Alemania)
- Cristina Manresa-Yee (Universitat de les Illes Balears, España)
- Daniel Guasch (Universitat Politècnica de Catalunya, España)
- David Cantarero Tomás (Universidad de Zaragoza, España)
- Eduardo Fernández (Universidad de la República, INCO Uruguay)
- Estefania Martin (Universidad Rey Juan Carlos, España)
- Eva Cerezo (Universidad de Zaragoza, España)
- Federico Botella (Universidad Miguel Hernández, España)
- Ferran Lega (Lega Arts)
- Francisco Javier Álvarez Rodríguez (Universidad Autónoma de Aguascalientes, Mexico)
- Francisco Javier Galán Pérez (Universidad de Zaragoza, España)
- Francisco José García Peñalvo (Universidad de Salamanca, España)
- Francisco Jose Perales (Universitat de les Illes Balears, España)
- Francisco Luis Gutiérrez Vela (Universidad de Granada, España)
- Francisco Montero (University of Castilla-La Mancha, España)

- Horacio Del Giorgio (Universidad Nacional de La Matanza, Argentina)
- Huizilopoztli Luna-García (Universidad Autónoma de Zacatecas, Mexico)
- Inmaculada Rodríguez (Universitat de Barcelona, España)
- Jaime Muñoz-Arteaga (Universidad Autónoma de Aguascalientes, Mexico)
- James Berrett (Swinburne University of Technology, Australia)
- Javier Jaen (Universidad Politécnica de Valencia, España)
- Jesús Gallardo Casero (Universidad de Zaragoza, España)
- Jesús Torres (Universidad de La Laguna, España)
- Jordi Virgili (Universitat de Lleida)
- José Ángel Taboada (Universidad de Santiago de Compostela, España)
- José Antonio Macías Iglesias (Universidad Autónoma de Madrid, España)
- Jose Ignacio Panach Navarrete (Universitat de València, España)
- José Luis Verdegay (Universidad de Granada, España)
- José Pascual Molina Massó (Universidad de Castilla-La Mancha, España)
- Jose Pow-Sang Portillo (ICACIT, Perú)
- Juan Enrique Garrido Navarro (University of Castilla-La Mancha, España)
- Juan Miguel López (Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea, España)
- Julián Flores (Universidad de Santiago de Compostela, España)
- Kepa Landa (Universidad de Lleida, España)
- Lourdes Moreno (Universidad Carlos III de Madrid, España)
- Luis A. Leiva (University of Luxembourg, Luxembourg)
- Luis Azevedo (ANDITEC, Portugal)
- Luis Molina Tanco (Universidad de Málaga, España)
- Maitane Mazmela Etxabe (Mondragon Unibertsitatea, España)
- Manuel Ortega Cantero (Universidad de Castilla-La Mancha, España)
- María Dolores Lozano (Universidad de Castilla-La Mancha, España)
- María Paula Gonzalez (CONICET and UNS, Argentina)
- Mariano González (Universidad de Sevilla, España)
- Markel Vigo (The University of Manchester, UK)
- Martin Llamas Nistal (Universidad de Vigo, España)
- Miguel Ángel Redondo (Universidad de Castilla-La Mancha, España)
- Miguel Angel Teruel (Universidad de Alicante, España)
- Mireia Ribera (Universitat de Barcelona, España)
- Myriam Arrue (Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea, España)
- Nelly Condori-Fernández (Universidad de Santiago de Compostela, España)
- Nestor Garay-Vitoria (Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea, España)
- Nuria Medina Medina (Universidad de Granada, España)
- Oscar Ardaiz (Universidad Pública de Navarra, España)
- Pablo Vera National (University of La Matanza, Argentina)
- Paloma Martínez (Universidad Carlos III de Madrid, España)
- Pascual González (Universidad de Castilla-La Mancha, España)

- Patricia Paderewski (Universidad de Granada, España)
- Pedro Encarnação (UCP – Católica Lisbon School of Business & Economics, Portugal)
- Pere Ponsa (Universidad Politècnica de Catalunya, España)
- Rafael Duque (Universidad de Cantabria España)
- Ramon Fabregat (Universitat de Girona, España)
- Ramon Mas-Sansó (Universitat de les Illes Balears, España)
- Raquel Lacuesta (Universidad de Zaragoza, España)
- Roberto García (Universitat de Lleida, España)
- Roberto Theron (Universidad de Salamanca, España)
- Rogerio Paulo Taveira (Universidade de Lisboa, Portugal)
- Roi Méndez Fernández (Universidade de Santiago de Compostela, España)
- Rosa M. Gil (Universitat de Lleida, España)
- Rosanna Costaguta (Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina)
- Rubén Alcaraz Martínez (Universitat de Barcelona, España)
- Sandra Baldassarri (Universidad de Zaragoza, España)
- Sergio Zepeda (Universidad Autónoma Metropolitana, México)
- Silvia María Hernández Muñoz (Universidad de Zaragoza, España)
- Silvia Martí Marí (Universidad de Zaragoza, España)
- Silvia T. Acuña (Universidad Autonoma de Madrid, España)
- Susana Bautista (Universidad Francisco de Vitoria, España)
- Susanna Tesconi (Universitat Oberta catalunya, España)
- Toni Granollers (University of Lleida, España)
- Valéria F. M. Salvador (Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil)
- Víctor López-Jaquero (Universidad de Castilla-La Mancha, España)
- Wilson Javier Sarmiento (Universidad Militar Nueva Granada, Colombia)

Índice

Lecture Note **1**

Exploring intangible realities using virtual reality: From molecules to numadelics
David Ryan Glowacki 2

Serious games **3**

Attention Robots: Juego serio para la ayuda de la detección del TDAH
Javier Sanchis, Alejandro Panagiotidis, Marina Maciá, Alejandro Fernández de Córdoba, Miguel A. Teruel and Juan Trujillo 4

Explorando las posibilidades de la Inteligencia Artificial generativa para la creación de juegos dirigidos a personas mayores.
Jesús Martínez, Eva Cerezo, Raquel Lacuesta, Jesús Gallardo, Beatriz Marco and Carlos Gracia 12

Diseñando un videojuego para apoyar la asignatura de Educación Física en Educación Primaria
Blanca Abril González, Lucia Abril González and Nuria Medina Medina 16

Cooking Game: A Serious Game Using a Social Robot
Francisco Jose Perales, Silvia Ramis Guarinos, Buades Rubio Jose Maria, Joan Josep Ordoñez and Raquel Lacuesta 20

Attention Mistakes: Juego serio para la ayuda de la detección del TDAH mediante Realidad Virtual
Marina Macia, Alejandro Panagiotidis, Javier Sanchis, Miguel Á. Teruel and Juan Trujillo 21

Evaluation of Interactive Systems **25**

Herramienta de evaluación de la jugabilidad en experiencias de juego orientadas a la población adulta mayor
Johnny Alexander Salazar Cardona, Francisco Luis Gutiérrez Vela, Jeferson Arango Lopez and Patricia Paderewski 26

Can we create accessible charts with Microsoft Excel? a review of possibilities and limits, with a special focus to users with low vision
Rubén Alcaraz-Martínez, Mireia Ribera, Jordi Roig Marcelino and Afra Pascual-Almenara 28

Benchmarking analysis of human pose estimation solutions for virtual television sets.
Rubén Arenas, Roi Méndez, Luis Pedraza and Julian Flores 29

Self-guided Spatial Composition as an Additional Layer of Information to Enhance Accessibility of Images for Blind Users
Raquel Hervás, Alberto Díaz, Matías Amor, Alberto Chaves and Víctor Ruiz 30

Mental Workload of Guiding Devices: Directional Pulling Forces, Vibrotactile Stimuli and Audio Cues
Stefan Donkov, Sonia Elizondo, Iñigo Ezcurdia, Iosune Sarasate and Asier Marzo 31

Análisis generacional de la accesibilidad en los videojuegos
Daniel Blanco, Covadonga Rodrigo and Francisco Iniesto 32

Developing a Color Identification Assistance Application for Individuals with Color Blindness
Miguel Vidal-Coll and Cristina Manresa-Yee 40

Mejora en la Evaluación de la Arquitectura de la Información Mediante Soporte Extendido para la Técnica de Testeo de Árboles
Adrián Callejo Vázquez and José Antonio Macías Iglesias 41

Heuristic Evaluation of MetaViz: Insights and Strategic Recommendations to Elevate User Experience in an Automated Data Visualization Platform
Andrea Vázquez-Ingelmo, Alicia García-Holgado, Paula Hernández-García, Francisco José García-Peñalvo and Roberto Theron . 45

Accessibility **46**

Test Learning Braille App: A haptic tool for Braille learning
Jose Luis López Rodríguez, Fco. Javier González Cañete and Antonio Díaz Estrella . . . 47

Las Mesas Interactivas Tangibles como herramientas inclusivas para la educación patrimonial en museos
Adriane Borda, Eva Cerezo Bagdasari and Sandra Baldassarri . . . 48

Desarrollo de un Sistema de Aprendizaje Personalizado para Estudiantes con Trastorno del Espectro Autista
Diana Gadzhimusieva, Santiago Meliá Beigbeder and Gonzalo Lorenzo Lledó . . . 52

Platform for accessible online learning
Mario Perez-Enriquez, Jose Luis Lopez-Cuadrado and Israel Gonzalez-Carrasco . . . 56

Emergency Systems Democratization: Disability-Inclusive Mobile App Requirements
Lourdes Moreno, Angela Diaz-Redondo, José Manuel Masiello Ruiz, Belén Ruiz-Mezcua and Paloma Martínez Fernández . . . 57

Integration of generative LLMs into the new generation of chatbots to enhance human-computer interaction
Guillermo Vicente-Oliva, David Escudero-Mancebo, César González-Ferreras and Valentín Cardeñoso-Payo . . . 58

User Experience and Usability . . . 64

SAMANTHA: A chatbot to assist users in training tasks to prevent workplace hazards
David Contreras, Fernando Medina, Mauricio Oyanedel, Maria Salamo and Miquel Sànchez-Marrè . . . 65

Shaping Interactive Systems: Defining Features to Meet the Needs of Individuals with Mild Intellectual Disabilities
Barbara Corsetti, Lourdes Moreno and Raquel Hervás . . . 66

VisualKine: Revolucionando el Análisis de la Atención Visual y Emocional para el neuromarketing
Gabriel Fuertes Muñoz, Jesús Gallardo Casero and Raquel Lacuesta Gilaberte . . . 67

Consideraciones para el uso de interfaces multimodales en entornos sensibles: Caso de estudio en el cuidado de las personas mayores
Amaia Etxabe, Arantxa González-de-Heredia López-de-Sabando and Amaia Beitia . . . 71

Exploring the accessibility evaluation of city council websites by computer science students using service-learning approach
Francisco Iniesto and Covadonga Rodrigo . . . 76

PlanTEA 3.0: Una aplicación para la planificación, anticipación y comunicación para personas con TEA
Laura Morales Caro, Carmen Lacave Rodero and Ana Isabel Molina Diaz . . . 77

Definición de métricas para extraer un perfil de usuario
Alberto Gaspar Vilallba, José Ignacio Panach Navarrete, Miriam Gil Pascual and Verónica Romero Gómez . . . 85

Human-Computer-Human Interaction . . . 93

Assistive Mobility Technology for Visually Impaired
Angelo Vaiano Filetti, Lucas Brandão Ceroni, Pedro Henrique Camargo França and Maria Amelia Eliseo . . . 94

Analysis of web accessibility skills required in graphic design and visual communication job offers in Spain
Lluc Massaguer and Rubén Alcaraz-Martinez . . . 95

Towards Human Action Recognition in Open Environments: A Proof of Concept on Spanish Sign Language Vowels
Mayra Vanessa Alvear Gallon, César Domínguez and Gadea Mata . . . 96

Exploring the Interplay between Facial Expression Recognition and Physical States
Maria Francesca Roig-Maimó, Miquel Mascaró-Oliver, Esperança Amengual-Alcover and Ramon Mas-Sansó . . . 97

Enhancing Interactive Assistive Solutions through 3D Simulation Characterization
Susana Bautista Blasco, Marlon Cárdenas and Leonardo Ramos Thomas . . . 98

Health and HCI . . . 99

Diseño de Experiencia Gamificada para la Gestión de Actividades de la Vida Diaria de Personas Mayores en el Hogar Digital
Alberto Hitos García, Francisco Luís Gutiérrez Vela, Patricia Paderewski Rodríguez and Juan Antonio Holgado Terriza . . . 100

Mejora de la Función de los Miembros Superiores mediante Realidad Virtual: Enfoques en Rehabilitación y Rendimiento Deportivo
Javier Albusac, Vanesa Herrera, Eusebio Angulo, José Jesús Castro-Schez and Ana de Los Reyes-Guzmán . . . 108

Assistive Technologies for Children with Physical Disabilities: a Systematic Literature Review
Belén Luna Lorente, Lucía Polo Martínez, Víctor M. Ruiz Penichet and María D. Lozano Pérez . . . 116

An AI-Powered Computer Vision Module for Social Interactive Agents
Francesc Xavier Gaya Morey, Cristina Manresa-Yee and Buades Rubio Jose Maria . . . 117

Progressive Web Application for Storytelling Therapy Support
Javier Jiménez-Honrado, Javier Gómez García, Felipe Costa-Tebar, Felix A. Marco, Jose A. Gallud and Gabriel Sebastián Rivera . 118

Puzzling Patterns: Assessing Neck Range of Motion Using a Mobile Puzzle Exergame
Maria Francesca Roig-Maimó, Javier Varona, Ramon Mas-Sansó, I. Scott MacKenzie and Iosune Salinas-Bueno . . . 119

Aplicaciones Cardboard VR para el entrenamiento en el reconocimiento de emociones
Marco Javier Gómez Martínez, Arturo Simón García Jiménez, Patricia Fernández Sotos, Antonio Fernández-Caballero and José Pascual Molina Massó . . . 120

Demostradores . . . **124**

Plataforma en la nube para la rehabilitación física de pacientes afectados por enfermedades neurológicas
Sergio Martínez-Cid, David Vallejo, Santiago Schez-Sobrino, José Jesús Castro-Schez, Carlos Glez-Morcillo and Javier Alonso Albusac . . . 125

Robotito 2.0: Avances en interacción y usabilidad
Romina Abeldaño, Ewelina Bakala, Santiago Hitta, María Pascale, Jorge Visca and Gonzalo Tejera . . . 127

Un Cubo Tangible Interactivo Diseñado para Entrenar Habilidades Espaciales mediante Rotación Física
Alejandro Catala, Pablo García-Segarra, Vicent Santamarta, Rafael Berlanga, Zoe Falomir and Jose M. Alonso-Moral . . . 129

HG - Sistema para transcripción en directo de eventos con puntuación automática
Mario Perez-Enriquez, Jose Luis Lopez-Cuadrado, Israel Gonzalez-Carrasco, Belen Ruiz-Mezcua, Ismael Guzman-Colomina and Javier Holgueras-Crespo . . . 131

Herramienta de visualización de traductores dirigidos por la sintaxis
Angel Francisco Sanchez Granados and Jaime Urquiza-Fuentes . . . 133

Demonstration of Contactless Haptic feedback to enhance VR experiences
Naroa Iriarte, Iñigo Ezcurdia, Xabier Olaz, Unai Fernandez and Asier Marzo . . . 135

Artículos Destacados . . . **137**

Measuring Attention of ADHD Patients by means of a Computer Game featuring Biometrical Data Gathering
Miguel A. Teruel, Javier Sanchis, Nicolás Ruiz-Robledillo, Natalia Albaladejo-Blázquez, Rosario Ferrer-Cascales and Juan Trujillo . 138

Una herramienta para la creación de actividades educativas basadas en interacción tangible: análisis de su aceptación por parte de los educadores
Verónica Artola, Cecilia Sanz and Sandra Baldassarri . . . 139

Exploring intergenerational interactions through an online storytelling experience
Eva Cerezo, Teresa Coma-Roselló, Antonio Aguelo, Ana Cristina Blasco and Mª Ángeles Garrido . . . 141

A Summary of the Article: Towards a General User Model to Develop Intelligent User Interfaces
Alberto Gaspar, Jose Ignacio Panach Navarrete, Miriam Gil and Verónica Romero Gómez . . . 143

Using a Social Robot to Evaluate Facial Expressions in the Wild
Silvia Ramis, Jose Maria Buades and Francisco J. Perales . . . 145

Presentación de grupos y proyectos . . . **147**

Inteligencia Artificial Explicable para el Envejecimiento Saludable y el Bienestar Social
Jose M. Alonso-Moral, Alejandro Catalá, Nelly Condori-Fernández, Paulo Félix, Jesus Presedo, Rafael Berlanga, Lledó Museros, Dolores Llidó, Pablo Garcia-Segarra and Vicent Santamarta . . . 148

RehbeCa: Ejercicio Terapéutico mediante Exergame en Dispositivos Móviles para la Rehabilitación Cervical
Iosune Salinas-Bueno, Pau Martínez-Bueso, Maria Teresa Arbós-Berenguer, Lorenzo Mas Reina, Maria Francesca Roig-Maimó, Ramon Mas-Sansó and Javier Varona . . . 150

PLEISAR: Experiencias Lúdicas con Agentes Sociales Interactivos y Robots: Aprendizaje Social y Comunicación
Esperança Amengual Alcover, Jose Maria Buades Rubio, Francisco José Perales López, Carina S. González-González, Francisco Luis Gutiérrez-Vela, Raquel Lacuesta Gilaberte and Eva Cerezo . . . 152

Tecnología educativa interactiva: Desarrollo participativo de juegos para la educación Infantil.
Romina Abeldaño, Fernando Gonzalez, Emilia Casaravilla and Marcos Gimenez . . . 154

Indice de autores . . . **156**

Lecture Note

David Ryan Glowacki.

Intangible Realities Laboratory, Citius Intelligent Technologies Research Centre, Santiago de Compostela, Spain www.theirl.org.

David Glowacki is a cross-disciplinary researcher, artist, author, and activist whose interests span computer science, nanoscience, aesthetics, cultural theory, & spirituality. He has worked extensively in scientific simulation, and more recently in VR applied to interactive scientific simulation and visualisation. He is the founder of the 'Intangible Realities Laboratory' (IRL), a research group working at the immersive frontiers of scientific, aesthetic, computational, and technological practice. He is the recipient of several research awards, including a Royal Society Research Fellowship, Philip Leverhulme award, ERC grant, SIG-CHI best paper award, and more. His immersive digital artworks have been experienced by more than 200,000 people on three continents. Originally from Milwaukee, he graduated from University of Pennsilvania in 2003, where he studied a range of subjects, including chemistry, mathematics, philosophy, comparative literature, and religions. In 2004 he obtained an MA in cultural theory as a Fulbright finalist at the Manchester University (UK). In 2008, he completed a PhD in molecular physics at Leeds University (UK). He has published across several domains, including classical & quantum molecular dynamics, computational biochemistry, human-computer interaction, high-performance computing, computer graphics, evolutionary algorithms, machine learning & data science, digital aesthetics, interactive computational art, religion & power, cultural theory, optics, and scientific instrument development.

Exploring intangible realities using virtual reality: From molecules to numadelics

In 1977, artificial and augmented reality (AR) pioneer Myron Krueger began his paper "Responsive Environments" with the observation that "human-machine interaction is usually limited to a seated (person) poking at a machine with (their) fingers or perhaps waving (their) hands over a data tablet." Krueger went on to speculate that real-time, multisensory interaction between humans and machines might enable exciting and efficient new approaches for exploring realities which are difficult to visualize. Even earlier in 1965, the VR pioneer Ivan Sutherland outlined how immersive display technologies like virtual reality (VR) would provide new ways to perceive and understand the physics of scientific domains for which we lack intuition. The nanoscale is a good example of such a domain: because it is inaccessible to our conventional sensory organs, we must construct aesthetic projections that our brains can effectively parse and process in order to understand its behavior. In this presentation, I will provide an overview of how cloud computing and virtual reality are enabling new approaches to nanoscale scientific research, enabling us to visualize realities which are otherwise imperceptible, and interact with realities that are otherwise intangible. For example, I will illustrate how new VR and AR tools that combine the state-of-the-art in human computer interaction (HCI) and high performance computing (HPC) enable groups of researchers distributed across the world to simultaneously cohabit real-time simulation environments and interactively build, inspect, visualize, and manipulate the dynamics of complex molecular structures with atomic-level precision, with applications to areas that include biochemistry, nano-science, and science education. I will outline recent work using VR to carry out psychophysics studies to understand human perceptual thresholds, and also to train artificial intelligence agents to undertake 3d molecular manipulation tasks. Finally, I will illustrate how such cloud-mounted VR tools are being used in psychiatric contexts: specifically to develop so-called 'numadelic' experiences which have the potential to offer therapeutic and mental health benefits that appear statistically indistinguishable from moderate to high doses of psilocybin, a serotonergic psychedelic drug that is being used to treat anxiety, depression, and addiction.

Serious games

Attention Robots: Juego serio para la ayuda de la detección del TDAH

Javier Sanchis*
javier.sanchis@ua.es
Lucentia Research Group,
Universidad de Alicante
Sant Vicent del Raspeig, Alicante
España

Alejandro Panagiotidis
alejandro.pa@ua.es
Lucentia Research Group,
Universidad de Alicante
Sant Vicent del Raspeig, Alicante
España

Marina Maciá
marinam.ferrandez@ua.es
Lucentia Research Group,
Universidad de Alicante
Sant Vicent del Raspeig, Alicante
España

Alejandro Fernández de Córdoba
alex.fernandez@gua.es
Lucentia Research Group,
Universidad de Alicante
Sant Vicent del Raspeig, Alicante
España

Miguel A. Teruel
materuel@dlsi.ua.es
Lucentia Research Group,
Universidad de Alicante
Sant Vicent del Raspeig, Alicante
España

Juan Trujillo
jtrujillo@dlsi.ua.es
Lucentia Research Group,
Universidad de Alicante
Sant Vicent del Raspeig, Alicante
España

RESUMEN

El Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) es un trastorno neuroevolutivo prevalente durante la infancia y la adolescencia caracterizado por síntomas generalizados de inatención, hiperactividad e impulsividad, afectando significativamente el funcionamiento diario. Los métodos diagnósticos tradicionales para el TDAH son extensos y requieren de muchos recursos. La incorporación de Juegos Serios basados en el diagnóstico y la intervención terapéutica del TDAH representa un avance revolucionario en los dominios de la salud mental y la neurociencia. Este estudio tiene como objetivo desarrollar un Juego Serio, llamado "Attention Robots", para facilitar un sistema asistido por ordenador para el diagnóstico del TDAH. El juego recopila y almacena datos biométricos mediante el uso de un casco de electroencefalografía (EEG), una pulsera de actividad electrodermal (EDA) y un dispositivo de seguimiento ocular. Los sujetos participan en una dinámica que requiere identificar robot basados en la postura, mientras el sistema registra meticulosamente aciertos, comisiones y omisiones para analizar el enfoque y la atención. La efectividad de "Attention Robots" se evaluó a través de un análisis comparativo con el establecido Test de Atención D2. Se empleó un diseño experimental controlado, demostrando la validez del juego como herramienta de evaluación de la atención. Las métricas comparativas enfatizaron el tiempo de respuesta, la tasa de error y la consistencia atencional, alineándose estrechamente con los parámetros del Test D2. En conclusión, "Attention Robots" significa un avance notable en la gamificación de la evaluación del TDAH, destacando el potencial de las plataformas interactivas basadas en juegos para agilizar el proceso de diagnóstico del TDAH y apoyar las intervenciones terapéuticas. Mientras que el estudio actual se centra en los mecanismos centrales del juego en la medición de la atención, se anticipan mejoras futuras que involucran la integración de tecnologías de análisis biométrico con el objetivo refinar aún más la capacidad del juego para una evaluación precisa del TDAH.

CCS CONCEPTS

• **Applied computing** → **Health informatics**; • **Human-centered computing** → *User interface design.*

KEYWORDS

TDAH, Juego Serio, Attention Robots

1 INTRODUCCIÓN

El Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) se caracteriza por un patrón duradero de falta de atención, hiperactividad e impulsividad que altera significativamente el funcionamiento o el desarrollo de la persona que lo padece [7, 22] cuya prevalencia entre niñas y niños en todo el mundo es entre el 3 y el 7 % [22].

El TDAH se asocia a una amplia variedad de dificultades cognitivas que van más allá de los síntomas de falta de atención, hiperactividad e impulsividad. Estas dificultades suelen afectar a las funciones ejecutivas, memoria de trabajo, velocidad de procesamiento, inhibición de la respuesta y atención sostenida [24, 26].

Para diagnosticar el TDAH, los síntomas deben ser constantes por al menos seis meses y evidentes desde temprana edad (3-6 años), tanto en casa como en la escuela. Estos síntomas impactan áreas académicas, sociales y profesionales y varían con la edad. Existen dos principales síntomas: déficit de atención e hiperactividad/impulsividad, los cuales definen tres tipos de TDAH: predominante desatento, predominante hiperactivo-impulsivo, y combinado.

El uso de juegos de ordenador como herramienta diagnóstica y terapéutica, mas conocidos como Juegos Serios, para el Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) representa un avance novedoso en los ámbitos de la salud mental y la neurociencia. Este enfoque aprovecha los atributos interactivos y de inmersión de los videojuegos para facilitar la evaluación y el posible tratamiento del TDAH. Su objetivo es ofrecer una alternativa más objetiva y atractiva que los métodos convencionales [5].

Los Juegos Serios, con su atractivo y capacidad para motivar, son eficaces para captar la atención de niños y adolescentes en diagnósticos o terapias. Permiten recolectar datos precisos y en tiempo real sobre la toma de decisiones y respuestas, ofreciendo una evaluación objetiva de síntomas como la falta de atención o impulsividad. A diferencia de los métodos tradicionales basados en evaluaciones subjetivas, los Juegos Serios proporcionan una alternativa cuantificable y menos intimidante, resultando en evaluaciones más precisas. Además, la capacidad de los juegos de ordenador para proporcionar información inmediata supone una ventaja significativa tanto en la fase de diagnóstico como en la de tratamiento del TDAH [20].

Bajo este marco, se han desarrollado una serie de Juegos de Atención denominados "Attention Games" que, mediante la incorporación de dispositivos diseñados para recolectar datos biométricos de los jugadores, buscan proveer un conjunto de herramientas para ser aplicado en la identificación del TDAH. A la luz de las consideraciones anteriores, el presente estudio implica el desarrollo de un Juego Serio diseñado para evaluar cuantitativamente la atención del usuario, con el objetivo de identificar a los individuos potencialmente afectados por el TDAH.

Este juego se basa conceptualmente en una prueba establecida de medición de la atención denominada D2 [1, 2]. Sin embargo, innova al facilitar el proceso de evaluación de la atención mediante una plataforma digital totalmente automatizada y no supervisada.

El resto de este manuscrito está organizado de la siguiente forma: tras esta sección introductoria, la Sección 2 ofrece un resumen exhaustivo de la literatura pertinente y de estudios previos en este campo. la Sección 3 presenta "Attention Robots", nuestro innovador enfoque para cuantificar la atención del usuario a través de un Juego Serio. La Sección 4 describe la evaluación experimental empleada para valorar la eficacia del juego. El artículo concluye con la Sección 5, en la que se discuten las implicaciones de este trabajo y se esbozan líneas de investigación para el futuro.

2 TRABAJOS RELACIONADOS

En el ámbito de la evaluación neuropsicológica, la validez ecológica se refiere a la medida en la que una evaluación psicológica refleja escenarios de la vida real [12]. Los estudios que examinan la validez ecológica de las pruebas neuropsicológicas tradicionales de papel y lápiz, entre grupos clínicos y sanos, han mostrado preocupación por su limitada capacidad de predecir el funcionamiento en el mundo real [3, 18]. Para contrarrestar este problema, han surgido nuevas evaluaciones con el objetivo de mejorar la validez ecológica. Algunas de estas evaluaciones reproducen tareas cognitivas [16], mientras que otros utilizan sistemas tecnológicos para evaluar los procesos cognitivos [13, 16].

Las evaluaciones neuropsicológicas tradicionales son fundamentales para diagnosticar y comprender las dificultades cognitivas relacionadas con el TDAH. En este sentido, los avances tecnológicos han introducido métodos innovadores como las evaluaciones cognitivas por ordenador, que proporcionan herramientas precisas y dinámicas para evaluar los déficits cognitivos relacionados con el TDAH [6, 23]. Por ejemplo, en [5], los autores presentan un juego de ordenador diseñado para evaluar el nivel de falta de atención entre individuos con TDAH. Esta innovadora herramienta consiste en un auténtico juego de ordenador en el que los usuarios controlan un avatar de mapache, haciéndole saltar para evitar caer en varios huecos. El juego registra la distancia al hueco de cada salto realizado por el avatar. Además, dentro del ámbito de las evaluaciones informatizadas, una de las más frecuentes es la Prueba de Rendimiento Continuo de Conners (CPT) [4, 18]. En esta prueba, los participantes deben pulsar rápidamente la barra espaciadora de un teclado cada vez que aparecen caracteres específicos en la pantalla de un ordenador. Sin embargo, si aparece un carácter prohibido, conocido como estímulo X, los individuos deben inhibir su respuesta. Esta técnica sigue el paradigma Go/No-Go [18, 21], en las que se pide a los participantes que muestren una respuesta determinada cuando se presentan estímulos específicos y se abstengan de reaccionar frente a estímulos menos comunes. Numerosos estudios han demostrado la capacidad de estas medidas para distinguir entre niños con y sin TDAH [14].

Estas evaluaciones ofrecen una plataforma para medir las capacidades cognitivas en un entorno válido controlado, utilizando la tecnología para evaluar con precisión las funciones cognitivas específicas afectadas en el TDAH, incluida la atención sostenida, la memoria de trabajo y la inhibición de la respuesta [11]. En consecuencia, las evaluaciones cognitivas informatizadas han surgido como herramientas precisas y dinámicas para evaluar de forma exhaustiva los déficits cognitivos asociados al TDAH, ofreciendo ventajas en cuanto a precisión, adaptabilidad y validez [19]. Estas evaluaciones también permiten generar protocolos estandarizados, lo que posibilita una medición y cuantificación coherente del rendimiento cognitivo en diversos ámbitos. Además, la adaptabilidad y personalización de las tareas en función de los niveles de rendimiento individuales aumentan la precisión y fiabilidad de estas evaluaciones [17].

Sin embargo, por lo que sabemos, los trabajos mencionados no recogen datos biométricos adicionales al medir la atención. Además, estos trabajos carecen de validación mediante la comparación con pruebas estándar ampliamente reconocidas para medir la atención. Así pues, con el fin de ampliar los trabajos relacionados, presentamos un innovador videojuego, denominado Attention Robots, destinado a cuantificar los niveles de atención en individuos con TDAH y establecer un marco para la recogida de datos biométricos. Por ello, hemos desarrollado y evaluado empíricamente nuestra propuesta, los Attention Robots, que se presentará a continuación de forma detallada.

3 ATTENTION ROBOTS

Para poder cuantificar la atención de los sujetos diagnosticados con TDAH, o aquellos que muestran síntomas de dicho trastorno, comenzamos el desarrollo de la serie de juegos "Attention Game". Esta serie está diseñada para cumplir dos roles, el primero como una herramienta complementaria de diagnóstico para los psicólogos que evalúan el TDAH en niños, y el segundo como mecanismo longitudinal para monitorizar su progreso. Estos juegos brindan una experiencia interactiva e inmersiva, aumentando el interés en la prueba de manera significativa respecto a las pruebas de lápiz y papel convencionales.

La ya mencionada serie de juegos recopila no solo los datos de la mecánica del juego (Aciertos, Errores y Omisiones) si no

también datos biométricos de los jugadores como, por ejemplo, la actividad cerebral, respuestas electrotérmicas, ritmo cardíaco y seguimiento ocular. En un futuro estos datos biométricos serán procesados mediante técnicas avanzadas de aprendizaje profundo y de esta manera, proporcionar a los psicólogos un conjunto de herramientas aún más sofisticado para la identificación de casos potenciales de TDAH y además, para la evaluación del desarrollo de la condición en pacientes ya diagnosticados.

En este contexto, presentamos "Attention Robots", la segunda edición en la serie "Attention". En este juego serio, al participante se le presentan una serie de robots, cada uno identificado por una postura diferente. El objetivo del participante es identificar y marcar los robots siguiendo dos criterios: i) tener exactamente dos brazos sin distinción de si estos están en un mismo lado del mismo o uno en cada, y ii) que esté de pie. En la Figura 1 se puede observar gráficamente como es un robot correctamente marcado, indicado en verde, y como es un robot incorrectamente marcado, indicado en rojo.

Figura 1: Robot marcado Correctamente

Esta tarea se encarga de medir la habilidad del participante a la hora de prestar atención a características específicas de los robots de acuerdo con las reglas establecidas. El juego está situado en una cuadricula de 14 filas cada una con 57 columnas las cuales contienen diversas versiones del robot en cada posición. Esta cuadricula brinda la oportunidad al jugador de probar sus habilidades de atención y toma de decisiones. En la Figura 2, se puede observar dicha cuadrícula ampliada para su mejor visualización.

Figura 2: Cuadrícula Ampliada del Juego "Attention Robots"

El juego comienza con un proceso estructurado diseñado para facilitar el uso de la herramienta por parte del jugador. En primer lugar, arranca el tutorial, dando instrucciones de manera verbal y escrita además de acompañarlo con una muestra gráfica de las mecánicas del juego. Esta fase dura aproximadamente 2 minutos, asegurándose así de que los jugadores han entendido la mecánica del juego correctamente.

Durante el juego, los usuarios tendrán que identificar los robots que se adhieran a los criterios descritos en el tutorial dentro de un margen de tiempo de 20 segundos por línea. La transición entre líneas viene acompañada de un audio distintivo y el resaltado de la línea siguiente. Los robots marcados obtienen un brillo naranja en la pantalla, y los jugadores siempre pueden de-seleccionarlos haciendo clic de nuevo en un robot seleccionado. Cuando el juego concluye se muestra claramente en los robots seleccionados cuales son correctos y cuales incorrectos.

Respecto a los resultados del juego, nuestra recolección de datos incluye cuatro eventos propios de la mecánica del juego, además de por supuesto los datos biométricos para su posterior uso en futuras investigaciones:

- **Velocidad:** El ultimo robot marcado de cada línea.
- **Aciertos:** Número de robots marcados correctamente.
- **Omisiones:** Suma de robots no marcados que deberían estar marcados.
- **Comisiones:** Total de robots que el participante ha marcado de manera incorrecta.

Hay que destacar que los ejecutables del juego se encuentran disponibles en http://hdl.handle.net/10045/137036. Además, el desarrollo de este juego fue supervisado por profesionales especializados en psicología, asegurando un enfoque cuidadoso y científicamente fundamentado.

4 EVALUACIÓN

En esta sección, realizaremos un análisis comparativo de la prueba "Attention Robots" para determinar su capacidad de evaluar la atención. Para lograr este objetivo, la compararemos con el test D2 [1, 2], una prueba psicológica que permite medir el nivel de atención de un individuo.

En consecuencia, con este estudio buscamos investigar si existe correlación entre las puntuaciones obtenidas del proceso de medición de nuestra prueba y las derivadas del Test D2. Esto nos permitirá validar si la prueba "Attention Robots" es tan eficaz como los métodos tradicionales, así como averiguar si puede considerarse una herramienta válida para medir la atención de los usuarios.

4.1 El Test de Atención D2

El Test de Atención D2 es una prueba de papel y lápiz que implica varios caracteres y símbolos, en la que, el individuo que participa en la prueba debe observar un conjunto de caracteres y marcar aquellos que cumplan ciertos criterios específicos. La prueba tiene una duración de aproximadamente 8 minutos y ha demostrado su eficacia en personas de entre 6 y 80 años [2].

La prueba consta de 14 líneas con 57 elementos cada una. Estas líneas contienen las letras "d" y "p", que pueden aparecer con uno o dos pequeños guiones encima o debajo. Los participantes disponen de 20 segundos en cada línea para marcar, de izquierda a derecha, cada letra "d" que muestre dos pequeños guiones (ambos por encima,

por debajo, o uno por encima y otro por debajo). La información que se recoge es la siguiente:

- **Velocidad (V):** Suma del último elemento bien marcado en cada fila.
- **Omisiones (O):** Suma de los elementos omitidos, cuando el participante se saltó un elemento objetivo (que debería estar marcado).
- **Comisiones (C):** Suma de los elementos marcados erróneamente, cuando el participante marcó un elemento que no debería estar marcado.

A continuación, se calculan las siguientes métricas:

- **Concentración (CN):** $CN = V - (O + C)$
- **Precisión (P):** $P = (V - CN/V) * 100$

4.2 Marco Experimental

Como se ha mencionado anteriormente, el objetivo principal de esta sección es realizar una evaluación empírica y una comparación entre el juego "Attention Robots" y el test D2. Dicha evaluación se ha llevado a cabo mediante un experimento controlado, cuyas características principales pueden verse en la Tabla 1.

Cabe mencionar que, previamente al proceso de recogida de datos, se obtuvo la aprobación del comité ético hospitalario del Instituto de Investigación Sanitaria y Biomédica de Alicante (ISABIAL) y de la Universidad de Alicante. Este procedimiento es necesario debido a que la recogida de datos se realizó con participantes menores de edad (6 a 18 años) además, siempre se recabó el permiso firmado de los padres. Por otro lado, cada participante realizó una prueba de evaluación psicológica con el objetivo de identificar posibles candidatos que podrían no ser aptos para participar en el experimento.

4.3 Diseño Experimental

Los experimentos se realizaron en dos sesiones de aproximadamente 20 minutos, la mayoría de ellas por la tarde. El comité ético de ISABIAL confirmó que la prueba de Attention Robots debía realizarse siempre en la primera sesión y la prueba D2 en la segunda. Por lo tanto, no se puede considerar aquí un experimento cruzado 2x2 ya que se debe seguir el protocolo experimental aprobado en la secuencia especificada. A continuación, se detalla el desarrollo del experimento.

En primer lugar, se creó un entorno agradable en el que los participantes se sintieran cómodos y se recogieron datos demográficos. Cada participante estuvo siempre acompañado por al menos un psicólogo y un técnico informático. Después, se explicaba el contenido y las actividades que se realizarían durante la sesión. A continuación se explica el desarrollo de cada sesión:

- **SESIÓN 1: Prueba de Attention Robots** (10-15 minutos aproximadamente): Se comprobó su correcto funcionamiento. Los participantes jugaron a la prueba "Attention Robots". Finalmente, se recopilaron los siguientes datos:
  - Indicadores de la prueba: Velocidad (V), Omisiones (O) y Comisiones (C).
  - Datos EEG.
  - Datos biométricos de la pulsera electrodermal.
  - Datos de seguimiento ocular.
- **SESIÓN 2: Prueba D2** (8 minutos aproximadamente): Los participantes realizaron la el Test D2 en una mesa utilizando lápiz y papel.
  Se recogió la siguiente información:
  - Los indicadores de la prueba: Velocidad (V), Omisiones (O) y Comisiones (C).

Una vez finalizada la sesión, los datos personales de los participantes, los resultados de ambas pruebas, D2 y "Attention Robots", así como los datos biométricos, se almacenaron de forma anónima en un servidor NAS a través de una conexión SSH cifrada.

4.4 Resultados del Experimento

En esta sección se presentan los resultados del experimento. El experimento contó con 58 participantes. La edad media de los participantes del estudio era de 13,4 años. La Tabla 2 representa las estadísticas descriptivas de las variables obtenidas tanto test D2 como en el juego "Attention Robots". En esta tabla se muestran los valores máximo, mínimo, media, mediana, moda y la desviación estándar (σ) de las variables recogidas Velocidad (V), Omisiones (O), Comisiones (C), Concentración (CN) y Precisión (P). Finalmente cabe indicar que el número de sujetos que participaron en el experimento fue suficientemente grande (=30), de acuerdo con la teoría del límite central [8], y por lo tanto, se supone que el conjunto de datos recogidos es estadísticamente significativo.

4.5 Análisis de Resultados

Una vez presentados los resultados del experimento, se analizarán adecuadamente para aceptar o rechazar nuestras hipótesis iniciales. Nuestro objetivo principal era determinar si existían correlaciones entre la prueba D2 y la prueba de Attention Robots.

Por ello, en primer lugar, hemos calculado el Coeficiente de Correlación de Spearman (CCE) [10]. Se trata de una métrica estadística que evalúa la relación monótona (no lineal) entre dos variables. En una relación monótona, las variables tienden a cambiar al mismo tiempo, pero no necesariamente a un ritmo constante [9]. Este coeficiente no es muy sensible a los valores atípicos.

Estos cálculos pueden verse en las Tablas 3 y 4. La Tabla 3 presenta los valores CCE, mientras que la Tabla 4 presenta la matriz de los p-value. En la Tabla 4, los valores estadísticamente significativos (p-value $\leq 0{,}05$) están marcados en verde, mientras que los valores no significativos (p-value $> 0{,}05$) están marcados en rojo. Los valores CCE representados en la Tabla 3 tienen la siguiente interpretación:

- **Cercano a 1:** indica una fuerte relación monotónica positiva, lo que significa que a medida que aumenta una variable, la otra tiende a aumentar.
- **Cercano a -1:** indica una fuerte relación monotónica negativa, lo que significa que a medida que una variable aumenta, la otra tiende a disminuir.
- **Cercano a 0:** sugiere una falta de relación monotónica, lo que significa que hay poca o ninguna asociación entre las variables.

Para resumir esta información, presentamos la Tabla 5, donde se presentan los datos más relevantes del CCE.

A continuación, se calculó el Coeficiente de Correlación de Pearson (CCP) [15]. Esta métrica estadística mide la fuerza y la dirección

Tabla 1: Marco Experimental, principales características.

Hipótesis nulas	- H_{0A}: No se encuentra correlación en la **Velocidad** entre el test D2 y la prueba "Attention Robots". - H_{0B}: No se encuentra correlación en el número de **Omisiones** entre el test D2 y la prueba "Attention Robots". - H_{0C}: No se encuentra correlación en el número de **Comisiones** entre el test D2 y la prueba "Attention Robots". - H_{0D}: No se encuentra correlación en la medida de **Concentración** entre el test D2 y la prueba "Attention Robots". - H_{0E}: No se encuentra correlación en la **Precisión** entre el test D2 y la prueba "Attention Robots".
Variables dependientes	Velocidad, Omisiones, Comisiones, Concentración y Precisión.
Variable independiente.	- Utilizar la prueba D2 de Atención - Utilizar la prueba Attention Robots
Localización	Instituto Universitario de Investigación Informática (Alicante, España)
Fecha	De junio de 2022 a julio de 2023
Sujetos	58 sujetos de 6 a 18 años

Tabla 2: Estadísticas descriptivas para las pruebas D2 y "Attention Robots"

	D2					Attention Robots				
	V	O	C	CN	P	V	O	C	CN	P
Muestra	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
Max	247	50	13	239	35.7	439	15	21	436	25
Min	27	0	0	21	0.6	92	0	0	69	0
Media	139.276	8.621	3.707	126.828	9.747	262.328	5.172	3.362	253.793	4.062
Mediana	134.5	6.0	3.0	121.0	8.2	258	4.5	2	252.5	3.2
Moda	188	6	2	100	8	274	1	0	182	3.6
σ	51.041	8.387	3.078	49.824	6.388	92.246	4.074	3.914	93.918	3.920

Tabla 3: Matriz de Coeficientes de Correlación de Spearman

	AR_velocity	AR_omissions	AR_commissions	AR_concentration	AR_precision	D2_velocity	D2_omissions	D2_commissions	D2_concentration	D2_precision
AR_velocity	1.000	0.122	-0.610	0.997	-0.669	0.905	0.439	-0.460	0.921	-0.456
AR_omissions		1.000	-0.038	0.086	0.464	0.055	0.333	0.097	0.011	0.245
AR_commissions			1.000	-0.637	0.750	-0.590	-0.210	0.496	-0.615	0.423
AR_concentration				1.000	-0.703	0.906	0.416	-0.481	0.926	-0.485
AR_precision					1.000	-0.638	-0.090	0.549	-0.686	0.607
D2_velocity						1.000	0.496	-0.415	0.978	-0.384
D2_omissions							1.000	-0.083	0.385	0.463
D2_commissions								1.000	-0.464	0.609
D2_concentration									1.000	-0.511
D2_precision										1.000

Tabla 4: Matriz de p-values de Spearman

	AR_velocity	AR_omissions	AR_commissions	AR_concentration	AR_precision	D2_velocity	D2_omissions	D2_commissions	D2_concentration	D2_precision
AR_velocity		0.363	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
AR_omissions			0.778	0.520	0.000	0.681	0.011	0.469	0.935	0.064
AR_commissions				0.000	0.000	0.000	0.113	0.000	0.000	0.001
AR_concentration					0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
AR_precision						0.000	0.504	0.000	0.000	0.000
D2_velocity							0.000	0.001	0.000	0.003
D2_omissions								0.534	0.003	0.000
D2_commissions									0.000	0.000
D2_concentration										0.000
D2_precision										

Tabla 5: Resultados de la Correlación de Spearman.

D2 vs Attention Robots	Spearman	p-value
Velocidad (V)	0.905	0
Omisiones (O)	0.333	0.011
Comisiones (C)	0.496	0
Concentración (CN)	0.926	0
Precisión (P)	0.607	0

de una relación lineal entre dos variables, además, cuantifica el grado en que las variaciones de una variable se corresponden con las variaciones de otra variable. Finalmente, cabe indicar que es sensible a los valores atípicos.

Podemos ver estos resultados en las Tablas 6 y 7. La Tabla 6 presenta los valores de CCP, mientras que la Tabla 7 presenta la matriz de p-values. En la Tabla 7, los valores estadísticamente significativos (p-value $\leq 0{,}05$) están marcados en verde, mientras que los valores no significativos (p-value $> 0{,}05$) están marcados en rojo.

Los valores CCP representados en la figura 6 tienen la siguiente interpretación:

- **Cercano a 1:** Relación lineal.
- **Cercano a -1:** Relación lineal negativa.
- **Cercano a 0:** No existe relación lineal.

Los datos más destacados derivados del análisis del Coeficiente de Correlación de Pearson (CCP) se presentan sistemáticamente en la Tabla 8.

Por tanto, a partir de los resultados obtenidos mediante el Coeficiente de Correlación de Spearman (CCS) y el Coeficiente de Correlación de Pearson (CCP), podemos rechazar las hipótesis nulas H_{0A}, H_{0B}, H_{0C}, H_{0D} y H_{0E}. Por lo tanto, se puede afirmar con un intervalo de confianza del 95 que:

- *Se encuentra correlación en el número total de los últimos elementos bien marcados (velocidad) entre la prueba D2 y la prueba "Attention Robots".*
- *Se encuentra correlación en los elementos omitidos entre la prueba D2 y la prueba "Attention Robots".*
- *Se encuentra correlación en los elementos marcados erróneamente (comisiones) entre la prueba D2 y la prueba "Attention Robots".*
- *Se encuentra correlación en la concentración entre la prueba D2 y la prueba "Attention Robots".*
- *Se encuentra correlación en la precisión entre la prueba D2 y la prueba "Attention Robots".*

Esto implica que existen pruebas empíricas suficientes para concluir que existe una correlación entre los indicadores derivados tanto de la prueba D2 como de la prueba Attention Robots, lo que sugiere que ambas evaluaciones son viables para medir la atención. Sin embargo, nuestra prueba no sólo mide la atención de una manera más atractiva, sino que también facilita la recopilación de datos propicios para el desarrollo de modelos de Deep Learning.

4.6 Amenazas a la validez experimental y limitaciones

Tras la finalización del experimento, se lleva a cabo un análisis de diversas amenazas a la validez centrado en los cuatro tipos de amenazas definidos en [25]: Validez de Conclusión, Interna, Externa y de Construcción.

La validez experimental de nuestro estudio enfrenta varias amenazas. La Validez de Conclusión se aseguró mediante el uso de métodos de correlación de "Pearson" y "Spearman", arrojando p-values significativos que apoyan nuestras hipótesis. Para proteger la Validez Interna, y asegurar que los resultados reflejan fielmente los datos, se contó con la supervisión de expertos en neuropsicología y la aprobación del comité de ética tanto de ISABIAL como el de la Universidad de Alicante, además de adaptar la participación al horario de los sujetos y asegurar un tamaño de muestra adecuado. La Validez de Construcción se verificó mediante el uso de variables del test D2 y la evaluación de "Attention Robots" por desarrolladores y mediante pruebas piloto. La Validez Externa, sin embargo, se ve limitada por el rango de edad de los participantes (6 a 18 años) y la falta de distinción en el análisis entre sujetos neurotípicos y aquellos con TDAH, con estudios futuros planeados para abordar estas limitaciones.

5 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) es un trastorno multifacético del neurodesarrollo que suele identificarse en la infancia y que se caracteriza por síntomas persistentes de falta de atención y/o hiperactividad-impulsividad que interfieren significativamente en las actividades cotidianas. La heterogeneidad en la manifestación de los síntomas, la edad de inicio y los trastornos concurrentes pone de manifiesto la complejidad del TDAH. El objetivo principal de este estudio fue desarrollar un innovador juego serio, Attention Robots, destinado a cuantificar los niveles de atención en individuos con TDAH y establecer un marco para la recogida de datos biométricos. En Attention Robots, la medición de la atención se operativiza a través de la capacidad del jugador para identificar varios robots que coincidan con una descripción. El juego registra meticulosamente los aciertos, las comisiones y las omisiones, ofreciendo una visión detallada de la dinámica atencional.

Para garantizar la precisión y la validación científica, el método de medición de Attention Robots, se sometió a una evaluación estadística que incluyó una comparación con el test de atención D2. Los resultados, corroborados por un nivel de confianza del 95%, validan a los Robots de Atención como un instrumento creíble para evaluar la atención.

Este estudio supone un avance significativo en la utilización de juegos de ordenador para la evaluación y rehabilitación de pacientes con TDAH. Attention Robots se presenta como una herramienta novedosa y válida para cuantificar la atención. Sin embargo, el trabajo futuro se centrará en mejoras y optimizaciones adicionales para abordar los diversos retos de la evaluación del TDAH. Los hallazgos animan a seguir investigando en este campo en evolución, con el objetivo de perfeccionar y ampliar los recursos disponibles para el diagnóstico y el tratamiento del TDAH. Por ello, los próximos estudios ampliarán la aplicación del juego a grupos de mayor edad (por encima de los 18 años) y diferenciarán entre usuarios neurotípicos y afectados por el TDAH.

Cabe destacar que, mientras los usuarios están jugando, el sistema está configurado para recopilar datos biométricos de sus usuarios de forma anónima mediante diferentes dispositivos, como casco

Tabla 6: Matriz de Coeficientes de Correlación de Pearson

	AR_velocity	AR_omissions	AR_commissions	AR_concentration	AR_precision	D2_velocity	D2_omissions	D2_commissions	D2_concentration	D2_precision
AR_velocity	1.000	0.150	-0.546	0.998	-0.601	0.911	0.266	-0.414	0.916	-0.436
AR_omissions		1.000	-0.080	0.107	0.237	0.093	0.278	0.103	0.044	0.163
AR_commissions			1.000	-0.575	0.847	-0.568	-0.105	0.396	-0.587	0.493
AR_concentration				1.000	-0.635	0.914	0.254	-0.427	0.922	-0.456
AR_precision					1.000	-0.614	-0.068	0.367	-0.639	0.574
D2_velocity						1.000	0.371	-0.364	0.986	-0.355
D2_omissions							1.000	-0.106	0.220	0.617
D2_commissions								1.000	-0.414	0.447
D2_concentration									1.000	-0.493
D2_precision										1.000

Tabla 7: Matriz de p-values Pearson

	AR_velocity	AR_omissions	AR_commissions	AR_concentration	AR_precision	D2_velocity	D2_omissions	D2_commissions	D2_concentration	D2_precision
AR_velocity		0.261	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043	0.001	0.000	0.001
AR_omissions			0.551	0.423	0.074	0.487	0.035	0.440	0.746	0.221
AR_commissions				0.000	0.000	0.000	0.432	0.002	0.000	0.000
AR_concentration					0.000	0.000	0.054	0.001	0.000	0.000
AR_precision						0.000	0.613	0.005	0.000	0.000
D2_velocity							0.004	0.005	0.000	0.006
D2_omissions								0.427	0.096	0.000
D2_commissions									0.001	0.000
D2_concentration										0.000
D2_precision										

Tabla 8: Resultados de la Correlación de Pearson.

D2 vs Robots	Pearson	p-value
Velocidad (V)	0.911	0
Omisiones (O)	0.278	0.035
Comisiones (C)	0.396	0.002
Concentración (CN)	0.922	0
Precisión (P)	0.574	0

de Electroencefalograma (EEG), pulsera de actividad electrodérmica (EDA) y rastreador ocular. La investigación a largo plazo aprovechará los datos biométricos recogidos para desarrollar modelos de Deep Learning y poder clasificar la gravedad del TDAH en los participantes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido cofinanciado por: El Proyecto BALLADEER (PROMETEO / 2021 / 088), "A Big dAta anaLytical pLatform for the diagnosis and treatment of Attention deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) featuring ExtendEd Reality", financiado por la Conselleria de Innovación, Universidades, Ciencia y Sociedad Digital (Generalitat Valenciana); El proyecto AETHER-UA (PID2020-112540RB-C43), "A smart data holistic approach for context-aware data analytics: smarter machine learning for business modelling and analytics, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España: El Programa Propio para el Fomento del I+D+I (UAIND20-03B) Financiado por el Vicerrectorado de Investigación y Transferencia de Conocimiento de la Universidad de Alicante; Ayuda RED2022-134656-T financiada por MCIN/AEI/10.13039/501100011033

REFERENCIAS

[1] DSMTF American Psychiatric Association, American Psychiatric Association, et al. 2013. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5*. Vol. 5. American Psychiatric Association, Washington, DC.

[2] R Brickenkamp, L Schmidt-Atzert, and D Liepmann. 2022. *D2-R. Revised Attention Test Assessment of Selective Attention and Concentration (1st ed.)*. TEA, Madrid, SP.

[3] Naomi Chaytor, Maureen Schmitter-Edgecombe, and Robert Burr. 2006. Improving the ecological validity of executive functioning assessment. *Archives of clinical neuropsychology* 21, 3 (2006), 217–227.

[4] C. K. Conners, M. H. S. Staff, V. Connelly, S. Campbell, M. MacLean, and J. Barnes. 2000. *Conners' continuous performance Test II (CPT II v. 5)*. Vol. 29. Multi-Health Syst Inc. 175–96 pages.

[5] David Delgado-Gómez, Aaron Sújar, Juan Ardoy-Cuadros, Alejandro Bejarano-Gómez, David Aguado, Carolina Miguelez-Fernandez, Hilario Blasco-Fontecilla, and Inmaculada Peñuelas-Calvo. 2020. Objective assessment of attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD) using an infinite runner-based computer game: a pilot study. *Brain Sciences* 10, 10 (2020), 716.

[6] Stephen V Faraone, Philip Asherson, Tobias Banaschewski, Joseph Biederman, Jan K Buitelaar, Josep Antoni Ramos-Quiroga, Luis Augusto Rohde, Edmund JS Sonuga-Barke, Rosemary Tannock, and Barbara Franke. 2015. Attention-deficit/hyperactivity disorder. *Nature reviews Disease primers* 1, 1 (2015), 1–23.

[7] Stephen V Faraone and Henrik Larsson. 2019. Genetics of attention deficit hyperactivity disorder. *Molecular psychiatry* 24, 4 (2019), 562–575.

[8] Charles Miller Grinstead and James Laurie Snell. 1997. *Introduction to probability*. American Mathematical Society, Rhode Island, US.

[9] Jan Hauke and Tomasz Kossowski. 2011. Comparison of values of Pearson's and Spearman's correlation coefficients on the same sets of data. *Quaestiones geographicae* 30, 2 (2011), 87–93.

[10] Maurice G Kendall. 1938. A new measure of rank correlation. *Biometrika* 30, 1/2 (1938), 81–93.

[11] Nozhatalzaman Moradi, Soran Rajabi, and Ali Mansouri Nejad. 2022. The effect of neurofeedback training combined with computer cognitive games on the time perception, attention, and working memory in children with ADHD. *Applied Neuropsychology: Child* (2022), 1–13.

[12] Alexandra Neguț, Silviu-Andrei Matu, Florin Alin Sava, and Daniel David. 2016. Virtual reality measures in neuropsychological assessment: a meta-analytic review. *The Clinical Neuropsychologist* 30, 2 (2016), 165–184.

[13] Thomas D Parsons and Christopher G Courtney. 2014. An initial validation of the Virtual Reality Paced Auditory Serial Addition Test in a college sample. *Journal of Neuroscience Methods* 222 (2014), 15–23.

[14] Thomas D Parsons, Tyler Duffield, and Justin Asbee. 2019. A comparison of virtual reality classroom continuous performance tests to traditional continuous performance tests in delineating ADHD: a meta-analysis. *Neuropsychology review* 29 (2019), 338–356.

[15] Karl Pearson. 1895. VII. Note on regression and inheritance in the case of two parents. *proceedings of the royal society of London* 58, 347-352 (1895), 240–242.

[16] Jakob Siemerkus, Eva Irle, Carsten Schmidt-Samoa, Peter Dechent, and Godehard Weniger. 2012. Egocentric spatial learning in schizophrenia investigated with functional magnetic resonance imaging. *NeuroImage: Clinical* 1, 1 (2012), 153–163.

[17] Hannah R Snyder, Akira Miyake, and Benjamin L Hankin. 2015. Advancing understanding of executive function impairments and psychopathology: bridging the gap between clinical and cognitive approaches. *Frontiers in psychology* 6 (2015), 328.

[18] Aaron Sujar, Sofia Bayona, David Delgado-Gómez, Carolina Miguélez-Fernández, Juan Ardoy-Cuadros, Inmaculada Peñuelas-Calvo, Enrique Baca-García, and Hilario Blasco-Fontecilla. 2022. Attention deficit hyperactivity disorder assessment based on patient behavior exhibited in a car video game: A pilot study. *Brain Sciences* 12, 7 (2022), 877.

[19] Leanne Tamm, Jeffery N Epstein, James L Peugh, Paul A Nakonezny, and Carroll W Hughes. 2013. Preliminary data suggesting the efficacy of attention training for school-aged children with ADHD. *Developmental cognitive neuroscience* 4 (2013), 16–28.

[20] Miguel A Teruel, Elena Navarro, Dulce Romero, Mario García, Antonio Fernández-Caballero, and Pascual González. 2017. An innovative tool to create neurofeedback games for ADHD treatment. In *Natural and Artificial Computation for Biomedicine and Neuroscience: International Work-Conference on the Interplay Between Natural and Artificial Computation, IWINAC 2017, Corunna, Spain, June 19-23, 2017, Proceedings, Part I.* Springer, Springer, Corunna, SP, 183–192.

[21] Barbara L Trommer, Jo-Ann B Hoeppner, Rudy Lorber, and Kevin J Armstrong. 1988. The Go—No-Go paradigm in attention deficit disorder. *Annals of neurology* 24, 5 (1988), 610–614.

[22] Vihang N Vahia. 2013. Diagnostic and statistical manual of mental disorders 5: A quick glance. *Indian journal of psychiatry* 55, 3 (2013), 220.

[23] Althea Z Valentine, Beverley J Brown, Madeleine J Groom, Emma Young, Chris Hollis, and Charlotte L Hall. 2020. A systematic review evaluating the implementation of technologies to assess, monitor and treat neurodevelopmental disorders: A map of the current evidence. *Clinical psychology review* 80 (2020), 101870.

[24] Erik G Willcutt, Alysa E Doyle, Joel T Nigg, Stephen V Faraone, and Bruce F Pennington. 2005. Validity of the executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder: a meta-analytic review. *Biological psychiatry* 57, 11 (2005), 1336–1346.

[25] Claes Wohlin, Per Runeson, Martin Höst, Magnus C Ohlsson, Björn Regnell, and Anders Wesslén. 2012. *Experimentation in Software Engineering*. Springer Science & Business Media, Berlin, DE.

[26] Tsz-Yan Wong, Yu-Tzu Chang, Ming-Yu Wang, and Yun-Hsuan Chang. 2023. The effectiveness of child-centered play therapy for executive functions in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Clinical Child Psychology and Psychiatry* 28, 3 (2023), 877–894.

Explorando las posibilidades de la Inteligencia Artificial generativa para la creación de juegos dirigidos a personas mayores

Exploring the possibilities of generative Artificial Intelligence for the creation of games aimed at the elderly

Jesús Martínez
Informática e Ingeniería de Sistemas.
Universidad de Zaragoza
737350@unizar.es

Eva Cerezo
Informática e Ingeniería de Sistemas.
Universidad de Zaragoza e Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A). Spain
ecerezo@unizar.es

Raquel Lacuesta
Informática e Ingeniería de Sistemas.
Universidad de Zaragoza e Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A). Spain
lacuesta@unizar.es

Jesús Gallardo
Informática e Ingeniería de Sistemas.
Universidad de Zaragoza e Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A). Spain
jesus.gallardo@unizar.es

Beatriz Marco
Residencia Mixta San Hermenegildo de Teruel
terapeuta@residenciash.com

Carlos Gracia
Residencia Mixta San Hermenegildo de Teruel
tsocial@residenciash.com

RESUMEN

Los juegos serios han demostrado ser efectivos para intervenciones en la mejora de habilidades cognitivas para mayores. Dentro de ese contexto y debido al auge que hoy en día tienen los agentes conversacionales, se pretende en este artículo hacer una primera aproximación en el uso de estos sistemas para mayores. En concreto se plantea el diseño a través del uso de Inteligencia Artificial Generativa de un sistema de generación de contenido lúdico, dinámico y adaptado al usuario para su estimulación cognitiva. Tras una valoración preliminar, se concluye que este tipo de sistemas pueden ser prometedores, pero como herramienta mediada por el terapeuta ante los problemas que puede presentar la interacción directa por parte de las personas mayores y la obtención de contenidos no válidos o adecuados para ellos.

KEYWORDS

Artificial intelligence, generative AI, serious games, older adults, usability, game experience

ACM Reference format:

Interacción'24, Junio 19-21, 2024. A Coruña, España

1 Introducción

En España, la población de ancianos supera el 20%, una tendencia en aumento [1]. Al mismo tiempo, el consumo de videojuegos está en alza, incluyendo los llamados juegos serios [2], que han demostrado ser efectivos para mejorar habilidades cognitivas en personas mayores [3]. Sin embargo, estos resultados sólo son posibles si los jugadores de edad avanzada se motivan en el uso continuo de dichas actividades. Actualmente existen técnicas prometedoras mediante las cuales, y a través del uso de sistemas de Inteligencia Artificial (IA), se aplican técnicas de gratificación y motivación [4]. Por otro lado, en los últimos años, los agentes conversacionales (*conversational agents*, CA) se han vuelto omnipresentes y están presentes en nuestras rutinas diarias. Los agentes que estimulan la actividad física y las habilidades cognitivas presentan resultados positivos respecto a su uso por mayores. [5].

Dentro de ese contexto, en el presente artículo se presenta el diseño un sistema lúdico que permite dinamizar la generación de actividades de estimulación mental centradas en el usuario. El contenido es generado por la IA generativa adaptado a los temas a trabajar y al nivel establecido por el terapeuta. Además, se propondrá la integración con agentes conversacionales mediante dispositivos de asistentes por voz.

2 Estado del Arte

Con el auge de los agentes conversacionales, han ido surgiendo en los últimos años diferentes propuestas en los cuales estos se integran de alguna manera en la actividad de las personas mayores para mejorar algún aspecto de su vida diaria. A continuación, se mencionan algunos ejemplos. En [6] se desarrolla un agente conversacional basado en Alexa para monitorizar la toma de medicación por parte de personas mayores. El dispositivo Alexa Echo Dot se integró también en un dispositivo físico para hacer más amigable la interacción. Aunque el estudio de aceptación tecnológica llevado a cabo es prometedor, las personas mayores no terminaron de ver la interacción lo suficientemente amigable. Además, se ha analizado como ciertos procesos degenerativos pueden influir en la interacción de las personas mayores con este tipo de agentes. Así, en [7] se estudia cómo realmente el deterioro cognitivo asociado a la edad influye en aspectos relativos al habla perjudicando este tipo de interacción, poniendo por

tanto una barrera adicional al uso de estos agentes. La baja adherencia de las personas mayores a este tipo de sistemas es una problemática habitual cuando se hace este tipo de trabajos. Por eso existen propuestas, como la detallada en [8], en las que se pone el foco en comprobar la usabilidad de estos sistemas y se prueba la importancia de un enfoque de desarrollo centrado en el usuario. Para terminar, la interacción de mayores con agentes conversacionales puede tener el problema de que es la persona mayor quien debe iniciar esa interacción de manera proactiva. Para intentar paliar esto, y en el ámbito de un asistente para fomentar la actividad física, en [9] se detalla una propuesta que combina el uso de agentes con dispositivos de sensorización como pulseras de actividad para así mejorar la experiencia de las personas mayores.

3 Sistema propuesto

3.1. Diseño

El diseño del sistema ha sido realizado en colaboración con los terapeutas ocupacionales y profesionales de la Residencia Mixta de Mayores San Hermenegildo de Teruel. Dicha residencia ofrece a todos sus residentes, desde el ámbito de la terapia ocupacional, un servicio de rehabilitación preventiva y asistencial, en los que previamente se realiza una valoración cognitiva de los usuarios. De esta forma, en el día a día se hacen diferentes tipos de actividades para trabajar aspectos como lenguaje, memoria, atención, concentración, etc., a través del uso de actividades lúdicas y sociales. Se requiere por lo tanto de una actualización constante de actividades que deben ser adaptadas a las necesidades específicas de cada usuario con el fin de conseguir una motivación en los usuarios para alcanzar los objetivos establecidos.

Una vez analizadas las posibilidades que ofrece el uso de los agentes conversacionales y de inteligencias artificiales generativas, se plantea el diseño de un sistema que utilice ambas tecnologías y tenga como objeto la estimulación cognitiva de los usuarios de forma lúdica. El sistema busca generar preguntas/respuestas destinadas a personas mayores de forma que se permita generar contenido, a través de la IA generativa, en cada interacción. Además, el juego tendrá un enfoque conversacional, es decir, se jugará mediante la voz, utilizando un asistente por voz dotado de una interfaz visual que facilite la interacción de los mayores.

En la Figura 1, se muestra un esquema del funcionamiento del sistema. El usuario utilizará un dispositivo de asistente por voz para interaccionar con el sistema. El asistente se comunicará con la IA generativa para generar las preguntas de juego. Una vez generadas las preguntas, el usuario interactuará con el sistema para seleccionar las respuestas a las preguntas planteadas obteniendo una retroalimentación (auditiva/visual) constante del sistema.

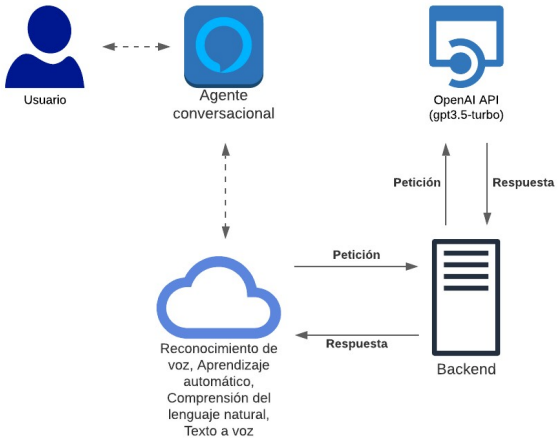


Figura 1. Funcionamiento del sistema propuesto.

3.2. Implementación

Se ha desarrollado un prototipo del sistema haciendo uso del asistente por voz Amazon Alexa, concretamente el dispositivo Amazon Echo Show 8 con salida visual y la API de OpenAI de ChatGPT, concretamente el modelo gpt-3.5-turbo. Las temáticas del juego implementadas se han establecido en colaboración con los profesionales de la residencia y han sido: actualidad, ciudad de Teruel, lugares emblemáticos, gastronomía, festividades, acontecimientos, personajes, juegos populares, etc.

Al comienzo del juego, el servidor realiza una solicitud a la IA generativa para recibir todas y cada una de las preguntas del juego lúdico que el modelo debe generar. En dicha solicitud es necesario limitar la generación de contenido estableciendo la temática, el nivel de dificultad de las preguntas, la tipología de usuario “personas mayores” y el número de preguntas.

Una vez obtenida la respuesta de esta solicitud, esta se almacena para utilizarla en la lógica de juego. En la pantalla del agente conversacional se muestran (ver Figura 2): a) pregunta, b) opciones de respuesta, c) texto explicativo sobre cómo hablar con el agente conversacional.

Figura 2. Interfaz visual de la aplicación.

4 Primeras valoraciones del sistema

El prototipo presentado en la sección anterior ha sido utilizado para llevar a cabo unas primeras valoraciones del sistema tanto con los terapeutas, en cuanto a la validez del contenido generado, como con usuarios en cuanto a la actividad lúdica generada.

4.1. Validación de generación de contenidos por la IA generativa

Para la validación de los contenidos generados por la IA se ha trabajado con dos temáticas, una de ámbito general y otra de ámbito específico. Esta última tiene que ver con elementos de la ciudad de Teruel, tales como lugares, gastronomía, festividades, acontecimientos, personajes, juegos populares, etc. En un principio se consideró incluir temas de actualidad que las personas mayores pudieran conocer, pero finalmente no se ha seleccionado dado que la IA no conoce datos actuales. Para la validación de contenidos se ha diseñado un test de validación donde, para cada entrada generada, se valora: 1. la dificultad de la pregunta, esto es, si es adecuada para que una persona mayor pueda resolverla fácilmente o no, 2. la temática, si el contenido generado se adecua a la temática que se ha solicitado a la IA generativa, 3. Si la pregunta y la respuesta son correctas o bien son erróneas. Con esto se ha pretendido comprobar la utilidad del enfoque planteado para el fin deseado. Si la dificultad no fuese la adecuada, o si el contenido fuese erróneo, no sería factible utilizar el sistema.

Para las temáticas sobre la ciudad de Teruel, en principio la que se pensó más atractiva para los usuarios, el índice de fallos encontrados en la generación de contenido por la IA generativa (validación 3) se encuentra entre un 40% y un 80% sobre 10 preguntas. Respecto a la dificultad, las preguntas generadas fueron fáciles. Del análisis realizado se concluye además que hay un índice importante de preguntas repetidas. A continuación, se presenta un ejemplo de generación de contenidos erróneos, pues en este caso esta festividad no se celebra en Julio. *Pregunta: ¿Qué evento cultural se celebra en Teruel en julio, donde se representan obras teatrales en la calle? Respuestas: a) La Feria de Teruel, b) Las Bodas de Isabel, c) El Mercado Medieval*

Después del análisis realizado con la temática específica se decidió optar por la temática general "preguntas orientadas a personas mayores" ya que el sistema cometía muchos menos fallos. Para las temáticas generales el índice de fallos se encuentra entre un 10% y un 30%. Como se puede observar, al desacotar la temática local y hacerla más general el modelo genera contenido más acertado, aunque tampoco está exento de cometer algunos fallos, lo que ha de ser tenido en cuenta debido al tipo de usuario (mayores frágiles) y contexto (trabajo de habilidades cognitivas) al que nos dirigimos.

4.2. Estudio piloto con usuarios

El objetivo de este estudio piloto fue hacer una primera valoración de la usabilidad y la experiencia de juego antes de llevar a cabo una evaluación con los usuarios de la residencia. Las pruebas se realizaron con 5 personas. Todos los participantes eran mujeres, a excepción de uno que era hombre. Las edades de los participantes fueron 46, 62, 66, 72 y 51 años. Se registran además los datos de si utilizaban la tecnología para jugar y si les gustan los juegos de preguntas.

Antes de comenzar la sesión de pruebas se mostró a cada participante cómo funciona la aplicación, mediante una pequeña introducción y demostración de los comandos que éstos iban a tener que utilizar. En el diseño se ha incluido una opción "te lo has inventado" como respuesta, para paliar el problema detectado en la validación de contenido de que a veces la IA daba solo respuestas erróneas (las denominadas *alucinaciones* de la IA). Se les explicó a los usuarios que hay veces que la pregunta u opciones no son correctas, y que otro aspecto del juego es detectar estos fallos. Tras ello, los usuarios comenzaron a jugar interaccionando con el sistema y contestando a las preguntas mostradas.

Al finalizar la sesión de juego, se les proporcionó un cuestionario reducido de usabilidad (las preguntas se comentan en el análisis) y otro cuestionario de experiencia de juego, el Game Experience Questionnaire [10], en su versión *in-game* (reducida). Se comentan los resultados a continuación.

Con las preguntas iniciales se pudo observar que la totalidad de los participantes no usa la tecnología para jugar, y que solamente a dos les gustan los juegos de preguntas. Esto puede ser un condicionante a la hora de mostrar cierta predisposición por parte de los usuarios al jugar al juego y debería ser tenido en cuenta en el diseño de futuras actividades.

En cuanto a las preguntas de usabilidad, se pudo observar lo siguiente: en cuanto a facilidad de uso, todos los participantes, excepto uno, consideraron que el juego era fácil de entender, que no necesitarían la ayuda de una persona con conocimientos técnicos para poder jugar, que no encontraron muy incómoda la manera de jugar y que no necesitarían aprender muchas cosas antes de jugar. Sin embargo, en cuanto a la interacción por voz, en la pregunta de "Me pareció que el juego no me entendía" las respuestas fueron muy dispares, ya que cada una de las 5 personas respondió con cada una de las 5 opciones posibles de la escala. En cuanto a la satisfacción con el sistema, dos participantes afirmaron querer jugar a este juego con frecuencia, dos fueron neutrales, y solo una persona estaba en desacuerdo.

En cuanto a las preguntas sobre la experiencia de juego, se comentan aquí los resultados agrupados por las dimensiones que explota el cuestionario. En cuanto a la *competencia*, tres personas afirmaron tener éxito en el juego, mientras que el resto cree que no lo tuvo; todos menos un participante, se

sintieron hábiles en el juego. En cuanto a la *inmersión*, la historia/temática del juego le pareció interesante a dos personas, y al resto le parecieron ligeramente interesante. Solo a dos personas les pareció poco impresionante el juego. En cuanto al *flujo*, solo dos personas aseguraron no olvidarse de nada a su alrededor mientras jugaban al juego, el resto solo un poco, y solo dos participantes se sintieron inmersos en la experiencia y el resto poco inmersos. En cuanto a *tensión* ninguno se sintió frustrado o irritable. Respecto al *desafío*, solamente una persona no se consideró desafiada en absoluto, el resto moderadamente. Solo una persona aseguró que tuvo que esforzarse bastante, otra persona, un poco, y el resto nada. En relación con las emociones: la totalidad de los participantes aseguró no sentirse aburrido durante la sesión de juego, ni cansado (afecto negativo) mientras que todos se sintieron extremadamente bien, excepto dos participantes que se sintieron bastante bien, después, dos participantes que se sintieron extremadamente contentas, otras dos personas, moderadamente contentas, y una persona bastante contenta (afecto positivo).

Como se ve, en cuanto a usabilidad, la experiencia les resultó satisfactoria y fácil de entender, sin embargo, la interacción con el sistema de voz, incluso estando apoyada por salida visual planteó problemas. En cuanto a la experiencia de juego, las temáticas les interesaron y se sintieron cómodos jugando, pero se ve la necesidad de ajustar bien la dificultad de las preguntas del juego para logar el difícil equilibrio entre desafío y sensación de competencia para no ahondar en el rechazo al juego por miedo a no estar a la altura. Las dimensiones de flujo e inmersión no parecen, debido al tipo y contexto del juego, de especial relevancia en el estudio por lo que, en la evaluación, y con objeto de reducir aún más el número de preguntas, se podrían eliminar.

5 Conclusiones y trabajo futuro

El uso de agentes conversacionales e IA generativa plantean numerosas posibilidades para la dinamización y personalización de actividades lúdicas para mayores dentro del campo de la terapia ocupacional. No obstante, la generación de contenidos por ciertas IA es aún limitado, especialmente en ciertas temáticas–y su validez tampoco es siempre la esperada. Contenidos no correctos o inadecuados pueden hacer mella en la confianza de los usuarios en los sistemas y hacer aumentar el rechazo o la falta de aceptación de los mismos. De igual forma, la propia interacción con agentes conversacionales sigue suponiendo un reto para los usuarios mayores, incluso con el apoyo de salida visuales, y es un tema en el que es necesario seguir avanzado. Por todo ello, teniendo en cuenta las características de los usuarios objetivo y el nivel de desarrollo actual de la tecnología, creemos más realista y adecuado el otorgarle al terapeuta el papel de mediador entre el sistema propuesto y los usuarios mayores. El terapeuta, por un lado, garantizaría que los contenidos son correctos y se adecúan a los intereses y capacidades de los usuarios y, por otro lado, facilitaría la interacción del usuario con el juego; todo ello redundaría en una mayor aceptación del sistema por parte de los usuarios. Con este enfoque, los usuarios mayores no serían ajenos a las grandes ventajas y posibilidades que estas tecnologías pueden aportarles, y estaríamos contribuyendo a no aumentar la brecha digital en este colectivo. Es en esta línea en la que se redundará en los siguientes estudios, el más inmediato de ellos, la evaluación del sistema con usuarios residentes.

AGRADECIMIENTOS

Financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través del contrato PID2022-136779OB-C31 y por el Gobierno de Aragón (T60_23R) Grupo de Investigación en Interfaces Avanzadas (AffectiveLab). Programa de ayudas a la investigación 2024. Fundación Universitaria Antonio Gargallo. "Companion robots for seniors: Heavy lifting and Personal Transportation. Robots de compañía para personas mayores: Levantamiento de cargas pesadas y transporte personal".

REFERENCIAS

[1] INE Instituto Nacional de Estadística (18 de enero de 2024). https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736177012&menu=ultiDatos&idp=1254734710990

[2] DEV, ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESAS PRODUCTORAS Y DESARROLLADORAS DE VIDEOJUEGOS Y SOFTWARE DE ENTRETENIMIENTO (2022) Libro blanco del desarrollo español de videojuegos 2022. https://www.dev.org.es/libroblancodev2022

[3] Abd-Alrazaq, A., Alajlani, M., Alhuwail, D., Toro, C. T., Giannicchi, A., Ahmed, A., ... & Househ, M. (2022). The effectiveness and safety of serious games for improving cognitive abilities among elderly people with cognitive impairment: systematic review and meta-analysis. JMIR serious games, 10(1), e34592.

[4] Eun, S. J., Kim, E. J., & Kim, J. (2023). Artificial intelligence-based personalized serious game for enhancing the physical and cognitive abilities of the elderly. Future Generation Computer Systems, 141, 713-722.

[5] da Paixão Pinto, N., dos Santos França, J. B., de Sá Sousa, H. P., Vivacqua, A. S., & Garcia, A. C. B. (2021, May). Conversational agents for elderly interaction. In 2021 IEEE 24th international conference on computer supported cooperative work in design (CSCWD) (pp. 1-6). IEEE.

[6] Bolaños, M., Collazos, C. A., & Gutiérrez, F. L. (2020). Adapting a Virtual Assistant Device to Support the Interaction with Elderly People. In ICT4AWE (pp. 291-298).

[7] Masatomo Kobayashi, Akihiro Kosugi, Hironobu Takagi, Miyuki Nemoto, Kiyotaka Nemoto, et al.. Effects of Age-Related Cognitive Decline on Elderly User Interactions with Voice-Based Dialogue Systems. 17th IFIP Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT), 2019, Paphos, Cyprus. pp.53-74.

[8] Luengo-Polo, J.; Conde-Caballero, D.; Rivero-Jiménez, B.; Ballesteros-Yáñez, I.; Castillo-Sarmiento, C.A.; Mariano-Juárez, L. Rationale and Methods of Evaluation for ACHO, A New Virtual Assistant to Improve Therapeutic Adherence in Rural Elderly Populations: A User-Driven Living Lab. Int. J. Environ. Res. Public Health 2021, 18, 7904.

[9] Valera Román, A.; Pato Martínez, D.; Lozano Murciego, Á.; Jiménez-Bravo, D.M.; de Paz, J.F. Voice Assistant Application for Avoiding Sedentarism in Elderly People Based on IoT Technologies. Electronics 2021, 10, 980.

[10] IJsselsteijn, W. A., de Kort, Y. A. W., & Poels, K. (2013). The Game Experience Questionnaire. Technische Universiteit Eindhoven.

Diseñando un videojuego para apoyar la asignatura de Educación Física en Educación Primaria

Blanca Abril González†
Universidad de Granada
Granada, España
blancabrilgonzalez@gmail.com

Lucía Abril González
Universidad de Granada
Granada, España
luciaabril03@correo.ugr.es

Nuria Medina-Medina
Universidad de Granada
Granada, España
nmedina@ugr.es

RESUMEN

A pesar de vivir en una sociedad digital, los libros de texto siguen siendo el recurso principal en las aulas de Educación Primaria. No obstante, de manera progresiva, se está percibiendo una evolución hacia la integración de tecnologías digitales en los Centros Escolares. En el caso concreto de la asignatura de Educación Física, los juegos han sido tradicionalmente usados en las clases para motivar el ejercicio físico de los niños y niñas. Diferentes estudios demuestran que los videojuegos también pueden ser integrados en estas clases, para mejorar habilidades motrices y cognitivas, y para contribuir al desarrollo de competencias intelectuales y de la creatividad en torno a los contenidos de la Educación Física. Con este propósito, el presente trabajo describe el proceso de diseño de un videojuego educativo para apoyar la asignatura de Educación Física en Primaria.

CONCEPTOS CCS

• Applied computing → Interactive learning environments; Computer-assisted instruction; Learning management systems.

PALABRAS CLAVE

Juegos serios, videojuegos educativos, Educación Física.

1 Introducción

A pesar de que vivimos en una sociedad digital, el recurso más utilizado para el aprendizaje en las aulas de los Centros Educativos de nuestro país continúa siendo el libro [1]. Este instrumento didáctico ofrece cierta flexibilidad al docente para abordar la secuencia de contenidos programada a lo largo del año escolar, pero carece de dos características importantes para lograr un aprendizaje más dinámico y a largo plazo, como son la interactividad y la capacidad de motivación [2]. Por esta razón, en la última década, se viene observando una evolución progresiva en los materiales educativos tradicionales, que poco a poco van integrando distintas tecnologías digitales [1].

Al mismo tiempo, los juegos son fundamentales en nuestra vida y están experimentado una transición hacia el entorno digital, como es el caso de los juegos digitales o videojuegos. Los videojuegos, definidos como juegos electrónicos, son diseñados con la finalidad de entretener al jugador con una retroalimentación interactiva [3]. Desde un punto de vista educativo, los videojuegos, además de para adquirir habilidades digitales, pueden ser usados para proporcionar aprendizaje en las aulas [4], desarrollar competencias intelectuales y fomentar la creatividad [5]. A través de los videojuegos, los alumnos pueden mejorar sus habilidades motrices, cognitivas, visuales y espaciales. Como ejemplo podemos citar un estudio reciente, donde se llevó a cabo una experiencia utilizando el videojuego "El Profesor Layton y la Villa Misteriosa" [6] con niños de Educación Primaria con dificultades en el aprendizaje. El resultado de este estudio fue una mejora significativa en la atención de los niños y niñas, la cual, a su vez, conllevó mejoras notables en su rendimiento y aprendizaje [7].

Estos juegos serios [8] se caracterizan porque se centran en objetivos de aprendizaje, aprovechando la motivación del juego para facilitar el progreso del alumno y proporcionar retroalimentación inmediata sobre su desempeño; sin perder el diseño atractivo y las mecánicas de juego divertidas que caracterizan a cualquier videojuego [9]. Dadas estas bondades, el profesorado de la era digital está respaldando la utilidad de las nuevas tecnologías en el aula, notando una percepción positiva del aprendizaje por parte de los alumnos ante estas tecnologías [10], siempre y cuando los Centros apoyen esta iniciativa y proporcionen formación y recursos adecuados a los docentes [11].

En consecuencia, el objetivo principal del presente trabajo consiste en desarrollar un videojuego para apoyar la asignatura de Educación Física sin requerir recursos tecnológicos difíciles de conseguir para los Centros Escolares, y que además pueda ser utilizado en casa. Nuestra hipótesis de que el videojuego será útil en esta asignatura se basa, entre otros, en los estudios que demuestran que la incorporación de juegos activos en la educación de los niños y niñas conlleva un aumento significativo en su gasto de energía y salud cardíaca [12]. Estos juegos pueden incentivar a los escolares a mantenerse más activos para que puedan cumplir con las recomendaciones actuales de actividad física [13]. Por lo

*Diseñando un videojuego para apoyar la asignatura de Educación Física en Educación Primaria
† Blanca Abril González (blancabrilgonzalez@gmail.com)
Interacción'24, Junio 19-21, 2024. A Coruña, España

tanto, a través del videojuego propuesto se pretende incrementar la motivación de los alumnos por fomentar hábitos saludables, destacando la importancia del ejercicio físico y una alimentación saludable. Además, el videojuego tiene como objetivo dar a conocer los músculos del cuerpo humano, que es un temario que consta en la asignatura de Educación Física a partir del segundo curso de Educación Primaria.

2 Diseñando un Juego Serio para Educación Física

Como se ha mencionado anteriormente, la mayoría de los videojuegos que se aplican en el ámbito de la Educación Física se centran en la movilidad física. Por lo tanto, para mejorar el desarrollo de los alumnos, nos propusimos desarrollar un videojuego que combinara la movilidad con la adquisición de conocimiento y la mejora de las habilidades cognitivas. Este juego tiene como objetivo enseñar de manera interactiva y divertida los músculos del cuerpo humano a los niños y niñas, una unidad didáctica de gran importancia en su formación. Tradicionalmente, esta unidad se suele abordar mediante clases magistrales, seguidas de pequeños juegos y un examen final. La idea es transformar este enfoque de forma que los alumnos puedan aprender y autoevaluarse con un videojuego. El videojuego proporcionará una experiencia dinámica y divertida, permitiendo que los alumnos puedan comprender y aprender los músculos del cuerpo de una manera interactiva y sin la presión de un examen final. En su lugar, en cada nivel del videojuego, el alumno recibirá una puntuación basada en su desempeño, lo que le motivará a mejorar continuamente. Por su parte, el profesor obtendrá una evaluación individual de cada alumno, en función de los objetivos cumplidos.

2.1 Diseño Centrado en el Usuario

Los requisitos del videojuego fueron definidos identificando previamente las expectativas de los *stakeholders*, en este contexto: los profesores, que son los que tienen un interés directo en el proceso educativo y su resultado. Esto ha permitido determinar con gran precisión las competencias educativas que debe abordar el juego mediante los retos lúdicos, así como la idoneidad de los desafíos del juego para trabajar y evaluar dichos objetivos de aprendizaje. A continuación, se muestra el listado de competencias específicas para el área de Educación Física y el listado de competencias transversales que se trabajan con el videojuego propuesto [15].

Competencias específicas (E):
E1. Conocer el propio cuerpo, en especial la musculatura, y sus posibilidades motrices.
E2 Adquirir hábitos de ejercicio físico orientados a una correcta ejecución motriz.
E3. Reforzar el vocabulario y la comprensión de conceptos de Educación Física, en especial de los músculos.
E4. Conocer y valorar la diversidad de actividades físicas, lúdicas y deportivas.
E5. Utilizar las TICs como recurso de apoyo al área para indagar y compartir información relativa a la actividad física y el deporte.
E6. Adoptar un estilo de vida activo y saludable, practicando regularmente actividades físicas, lúdicas y deportivas, adoptando comportamientos que potencien la salud física y mental.

Competencias transversales (T):
T1. Capacidad de analizar y evaluar información.
T2. Fortalecimiento de la concentración.
T3. Mejora de la comprensión visual.
T4. Fomento de la creatividad mediante la asociación de imágenes con conceptos.

Por otro lado, los gustos y preferencias de los niños y niñas han sido tenidos en cuenta para diseñar la historia y los personajes del videojuego. Para crear empatía en los alumnos, se ha intentado buscar personajes y en especial avatares que sean afines a ellos. En la Figura 1 podemos ver el avatar chica a la izquierda (el avatar es personalizable). Para su creación nos hemos inspirado en la serie de libros “Los futbolísimos” [14]. Esta serie de libros está indicada para niños y niñas de entre 6 y 12 años. Aparte de la narrativa, estos libros contienen imágenes de sucesos que ocurren en la historia, por lo que nos hemos podido basar en la estética de estos personajes para crear unos avatares y personajes que puedan ser del agrado de los niños y niñas de Primaria. Por su parte, la trama del videojuego se ha inspirado en éxitos como la saga Marvel [16] o la popular serie infantil LazyTown [17]. Estas influencias tienen como propósito despertar el interés en los alumnos por adoptar valores similares a los de estos personajes, quienes destacan por su compromiso en ayudar a los demás.

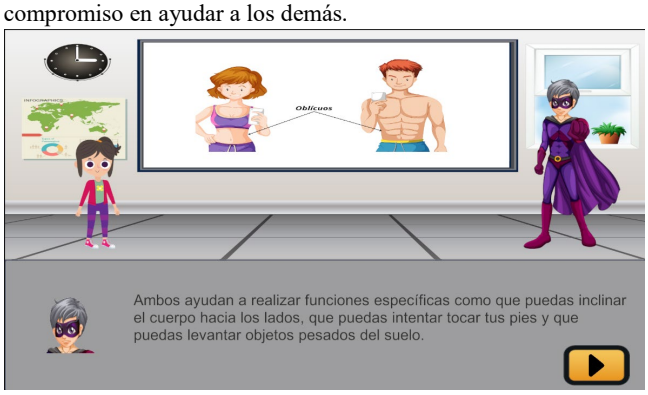


Figura 1: Avatar recibiendo una lección antes de una misión

Finalmente, para el uso de colores y formas, nos hemos inspirado en la estética de los comics. La selección de estas formas y colores llamativos típicos de los comics tienen como propósito principal captar el interés del jugador mientras se persigue el objetivo de comunicar la historia de una forma visualmente más atractiva.

2.2 Historia y Dinámica del Videojuego

La historia del videojuego comienza cuando un superhéroe descubre el potencial del jugador para convertirse en un miembro de su equipo de superhéroes y le ofrece la oportunidad de unirse a ellos. Al aceptar la invitación, el jugador se une a una prestigiosa academia de superhéroes y superheroínas, donde comenzará su

formación. La formación en la academia se estructura en una aventura de veintidós niveles. Diecisiete niveles se centran en el aprendizaje de los músculos y los cinco restantes están centrados en el desarrollo cognitivo. Estos minijuegos trabajan aspectos clave como son la percepción, la memoria, el razonamiento y la resolución de problemas, lo que facilitará al jugador mejorar en estos aspectos claves.

En la Figura 2 se muestra el mapa inicial del juego. Al comenzar la historia, todos los niveles están desactivados de forma que el jugador solo puede acceder al primer nivel, y una vez supere el nivel correspondiente, se activará el siguiente nivel. Al hacer clic sobre un nivel específico, el jugador accede a la pantalla del nivel correspondiente, donde recibirá una pequeña lección y posteriormente tendrá que realizar el minijuego propuesto.

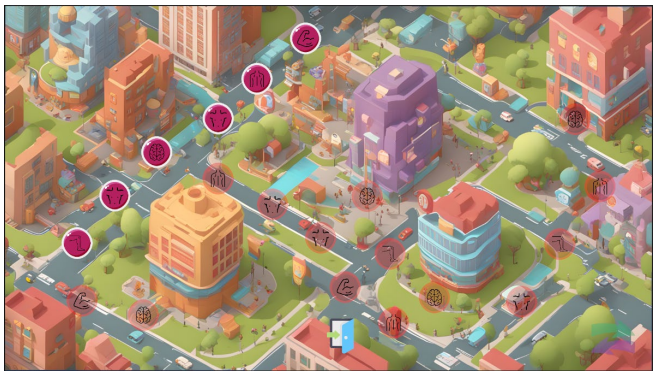


Figura 1: Mapa de niveles

Cada lección es impartida por un superhéroe o superheroína del equipo que guiarán a nuestro/a protagonista. Por ejemplo, la Figura 1 muestra una escena del juego donde el superhéroe Capitán Core está realizando una explicación mediante texto e imágenes de los músculos que tiene el ser humano en la zona del abdomen. Esta escena está dentro de una serie de escenas donde el superhéroe o superheroína explica al jugador los conocimientos que debe adquirir para poder finalizar su formación.

Tras cada lección, se le encomienda al jugador una misión que tendrá que superar para comprobar la asimilación de los conceptos transmitidos. Las misiones consisten en una variedad de minijuegos que el jugador tendrá que resolver. Al completar cada misión, el jugador recibe una puntuación y será recompensado con premios para avanzar en su formación. Estos premios se mostrarán en un panel de progreso, desbloqueándose a medida que el jugador avance en el juego. Estas recompensas tienen como objetivo fortalecer su motivación y compromiso con el aprendizaje.

Al completar veintiún niveles, el jugador tendrá que superar el último nivel donde se le presentarán una serie de minijuegos que podrán a prueba todo lo que ha aprendido durante el juego. Al superar este último nivel, el jugador será recompensado con un diploma y recibirá una invitación para unirse al equipo de superhéroes y superheroínas como miembro oficial.

2.3 Retos del Juego y Aprendizaje

Los desafíos que se le presentan al jugador han sido diseñados a partir de las competencias educativas anteriormente identificadas, con el propósito de estimular el aprendizaje, promover el desarrollo de las habilidades cognitivas y fomentar la movilidad a través del juego. Estos retos implican la resolución de problemas y son presentados a lo largo de todo el videojuego mediante minijuegos con el fin de evaluar el progreso del jugador de manera continua. Existen nueve minijuegos que se describen a continuación:

1. **Identifica el músculo**: aparecen tres imágenes o vídeos de ejercicios físicos y el jugador debe seleccionar cuál de estos ejercicios involucra el músculo indicado. Si lo acierta, el jugador deberá imitar dicho ejercicio. Este minijuego fomenta la participación activa y el aprendizaje práctico. Las competencias trabajadas son: E1, E2, E3, E4, E5, E6, T1 y T3.
2. **Adivinanza**: se le presenta al jugador una adivinanza sencilla sobre un músculo que deberá adivinar. Para identificar el músculo al que corresponde dicha adivinanza pondrá en práctica el conocimiento sobre anatomía adquirido en los niveles anteriores. Las competencias trabajadas son: E3, E5, T1 y T2.
3. **Puzle**: el jugador se enfrenta a un puzle del cuerpo humano compuesto por 12 piezas. Para ello, el jugador tiene que seleccionar cada trozo del puzzle y colocarlo en la posición correcta. Las competencias trabajas son: E3, E5, T1, T2 y T3.
4. **Batalla contra un villano**: el jugador enfrenta a un villano con una barra de vida y responde preguntas de verdadero o falso sobre una lección previa. Por cada respuesta correcta, la barra de vida del enemigo disminuye, con el objetivo de reducirla a cero. Esta mecánica evalúa el aprendizaje del jugador mientras añade tensión al juego. Las competencias trabajadas son: E3, E5, T1 y T2.
5. **Juego de sombras**: se visualiza la sombra de una parte del cuerpo, y el alumno debe asociar qué músculo o músculos están detrás de esa silueta. Las competencias trabajadas son: E3, E5, T1 y T4.
6. **Salón de curas**: se muestra un superhéroe herido con una zona afectada y cuatro pociones. El jugador debe identificar la zona lastimada y elegir el remedio adecuado para curarla leyendo la etiqueta de las pociones e identificando el músculo afectado. Esto promueve la habilidad de identificación y la resolución de problemas. Las competencias trabajadas son: E3, E5, T1, T2, T3 y T4.
7. **Juego de parejas**: se trata de un juego de memoria donde se muestran 12 cartas que ocultan imágenes de músculos. El jugador debe encontrar las parejas al seleccionar dos cartas; si coinciden, se mantienen boca arriba. El desafío está en el reconocimiento de los músculos junto con la concentración y la memoria. Las competencias trabajadas son: E3, E5, T1, T2 y T3.
8. **Lucha contra la araña**: en este juego, un amigo del avatar ha quedado atrapado en una tela de araña. El jugador debe adivinar una palabra relacionada con los músculos en 6 intentos. Cada vez que falle, su amigo quedará más atrapado en la tela de la araña. La dinámica combina la emoción de adivinar la palabra utilizando sus conocimientos con el

objetivo de salvar a su amigo. Las competencias trabajadas son: E3, E5, T1, T2 y T3.

9. **Trivial muscular**: este minijuego se centra en realizar preguntas al jugador sobre los diferentes grupos musculares. Las preguntas pueden variar desde aspectos teóricos hasta aspectos prácticos, donde el jugador deberá llevar a cabo uno o varios ejercicios o movimientos para responder adecuadamente. Las competencias trabajadas son: E1, E2, E3, E4, E5, E6, T1 y T2.

2.4 Accesibilidad

Durante el diseño de las escenas del juego se ha tratado de lograr una experiencia de juego inclusiva para alumnos con dificultades en la percepción del color. Para ello, los colores problemáticos como pueden ser el rojo y verde, son acompañados de un texto descriptivo. Además, se han introducido controles muy sencillos y botones de un tamaño considerable para no poner barreras a los alumnos que puedan tener dificultades motoras.

3. Conclusiones y Trabajo Futuro

En este trabajo se ha presentado un videojuego educativo para apoyar la asignatura de Educación Física en el ciclo de Educación Primaria. El videojuego pretende complementar la enseñanza tradicional de esta materia, ofreciendo una experiencia interactiva y lúdica para motivar a los alumnos a estar más activos y mejorar su aprendizaje de los músculos a largo plazo. El diseño del videojuego introduce competencias educativas en los desafíos lúdicos del juego, buscando un equilibrio entre los objetivos educativos y los retos del juego, para garantizar aprendizaje y diversión. Además, se han considerado las preferencias de los niños y niñas de estas edades a la hora de diseñar los personajes y la trama narrativa del juego. La historia de superhéroes que se ha elegido para contextualizar el juego ha sido clave en la creación de los personajes y sus acciones en el juego, inspirándose en libros y series de gran éxito entre la audiencia de estas edades.

Como resultado, la dinámica del videojuego fusiona una narrativa de superhéroes con nueve minijuegos educativos que se van integrando en la historia a lo largo de veintidós niveles. Estos minijuegos abordan diversos objetivos educativos, algunos específicos como la identificación y el reconocimiento de los músculos del cuerpo humano y otros transversales como resolver problemas y retener información. El desarrollo de este videojuego educativo representa, por tanto, una contribución hacia la verdadera integración de la tecnología en las aulas de Educación Física en nuestros Centros Escolares. Su ánimo es ofrecer una herramienta innovadora y beneficiosa para el aprendizaje de los músculos y el desarrollo de las habilidades cognitivas y físicas de los alumnos.

Como trabajo futuro se propone evaluar la efectividad del juego y la experiencia de los jugadores en diferentes Centros Escolares, lo que permitirá identificar oportunidades de mejora que serán tenidas en cuenta. Por otro lado, se realizará una investigación en las aulas para identificar las necesidades de los alumnos, especialmente de aquellos con dificultades específicas. Esto permitirá mejorar la accesibilidad del videojuego e implementar diferentes niveles de dificultad para adaptarse al desempeño de cada alumno. Además, está previsto diseñar algunos minijuegos colaborativos, así como crear rankings en los minijuegos, con objeto de trabajar aspectos de cooperación y competición social.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido soportado por el proyecto PID2022-136779OB-C33 del Ministerio de Ciencia e Innovación Estatal y por el proyecto C-ING-179-UGR23 financiado por la Consejería de Universidades, Investigación e Innovación y por el Programa FEDER Andalucía 2021-2027.

REFERENCIAS

[1] González, L. E. Q., Jiménez, F. J., & Moreira, M. A. (2018). Más allá del libro de texto. La gamificación mediada con TIC como alternativa de innovación en Educación Física. Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación, (34), 343-348.

[2] Sáez López, J. M. (2012). Valoración del impacto que tienen las TIC en educación primaria en los procesos de aprendizaje y en los resultados a través de una triangulación de datos. Relatec.

[3] Grande de Prado, M. (2018). Beneficios educativos y videojuegos: revisión de la literatura española. Education in the knowledge society: EKS.

[4] González, C. V. (2020). Herramientas TIC para la gamificación en Educación Física. Edutec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa, (71), 67-83.

[5] Lopez Raventos, C. (2016). The video game as an educational tool. Possibilities and problems about Serious Games. Apertura (Guadalajara, Jal.), 8(1), 0-0.

[6] Level-5. (2007). El Profesor Layton y la Villa Misteriosa. Nintendo.

[7] Parada Castro, Á., Raposo Rivas, M., & Martínez Figueira, M. E. (2018). ¿ Mejorar la atención con videojuegos?: un estudio de caso. Revista española de orientación y psicopedagogía.

[8] Casañ Pitarch, Ricardo. (2021). Videojuegos Serios en educación.

[9] González, C. S. G., del Río, N. G., & Adelantado, V. N. (2018). Exploring the benefits of using gamification and videogames for physical exercise: a review of state of art. IJIMAI, 5(2), 46-52.

[10] Tena, M. F., Navas, M. C. O., & Fuster, M. C. S. (2021). Las nuevas tecnologías como estrategias innovadoras de enseñanza-aprendizaje en la era digital. Revista electrónica interuniversitaria de formación del profesorado, 24(1).

[11] Fernández Espínola, C., Ladrón de Gu33evara Moreno, L., Almagro Torres, B. J., & Rebollo González, J. A. (2018). Formación del profesorado de Educación Física en TIC: Modelo TPACK. Escuela abierta: revista de investigación educativa.

[12] Cadenas-Sanchez, C., Migueles, J. H., Erickson, K. I., Esteban-Cornejo, I., Catena, A., & Ortega, F. B. (2020). Do fitter kids have bigger brains? Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 30(12), 2498-2502.

[13] Mellecker, R. R., & McManus, A. M. (2008). Energy expenditure and cardiovascular responses to seated and active gaming in children. Archives of pediatrics & adolescent medicine, 162(9), 886-891.

[14] Ruiz Zafón, R. (2013). Los Futbolísimos. Editorial SM.

[15] Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2022). Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. Boletín Oficial del Estado, 52(2), BOE-A-2022-3296. Recuperado de https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/01/157/con

[16] Marvel Studios. (2019). Avengers: Endgame [Película].

[17] LazyTown Productions. (2004). "Welcome to LazyTown." En M. Árnason, J. Árnason, y M. Magnusson (Productores ejecutivos), LazyTown [Serie de televisión]. Islandia: Nickelodeon.

Cooking Game: A Serious Game Using a Social Robot

Joan Josep Ordoñez*
joanjosep.ordonez@uib.es
Universitat de les Illes Balears
Palma, Islas Baleares, España

Silvia Ramis*
silvia.ramis@uib.es
Universitat de les Illes Balears
Palma, Islas Baleares, España

Francisco Jose Perales*
Jose Maria Buades*
paco.perales@uib.es
josemaria.buades@uib.es
Universitat de les Illes Balears
Palma, Islas Baleares, España

Raquel Lacuesta*
lacuesta@unizar.es
Universidad de Zaragoza
Zaragoza, Aragón, España

ABSTRACT

Con el avance tecnológico aparecen nuevas formas más refinadas de mejorar el día a día de los usuarios, derivándose en productos más sofisticados al mercado, como los robots sociales. Con esta sofisticación tecnológica, el problema del crecimiento demográfico de los mayores supone un motivo de preocupación mayor. Este trabajo estudia cómo se pueden utilizar estas nuevas herramientas como un añadido a las rutinas de los más mayores y como un apoyo para sus cuidadores. Para ello, se ha utilizado una propuesta de un juego serio de cocina con el robot social Pepper como herramienta para realizar este estudio. Este juego se ha probado con usuarios reales en un experimento de primer contacto, a fin de evaluar las reacciones de los usuarios y tomar métricas mediante la Escala de Usabilidad de Sistemas (SUS). Los resultados obtenidos muestran reacciones positivas por parte de los usuarios al formato de interacción propuesto.

KEYWORDS

Interacción Multimodal, Robots sociales, Gerontología, Juegos serios, Inteligencia Artificial

Received 11 Marzo 2024; accepted 4 Abril 2024

*All authors contributed equally to this research.

Interacción'24, Junio 19–21, 2024, A Coruña, España
Texto completo en: https://doi.org/10.1145/3657242.3658604.

Attention Mistakes: Juego serio para la ayuda de la detección del TDAH mediante Realidad Virtual

Marina Maciá
marinam.ferrandez@ua.es
Lucentia Research Group,
Universidad de Alicante
Sant Vicent del Raspeig, Alicante
España

Alejandro Panagiotidis
alejandro.pa@ua.es
Lucentia Research Group,
Universidad de Alicante
Sant Vicent del Raspeig, Alicante
España

Javier Sanchis
javier.sanchis@ua.es
Lucentia Research Group,
Universidad de Alicante
Sant Vicent del Raspeig, Alicante
España

Miguel Á. Teruel
materuel@dlsi.ua.es
Lucentia Research Group,
Universidad de Alicante
Sant Vicent del Raspeig, Alicante
España

Juan Trujillo
jtrujillo@dlsi.ua.es
Lucentia Research Group,
Universidad de Alicante
Sant Vicent del Raspeig, Alicante
España

RESUMEN

Este artículo introduce el juego serio Attention Mistakes, una herramienta de apoyo para ser empleada en el diagnóstico del Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) en adolescentes de 6 a 18 años, mediante Realidad Virtual. Esta innovadora aproximación permite recoger no solo los datos de la mecánica del juego si no también datos biométricos tales como Encefalografía, Seguimiento Ocular y Actividad Electrodermal en tiempo real. Con la finalidad de obtener un producto similar a la vida real, este juego ofrece una evaluación más precisa al simular acciones que podemos encontrar en un entorno real de trabajo, mejorando así la comprensión de las capacidades cognitivas de los evaluados. Attention Mistakes establece un avance en la detección del TDAH, al utilizar la recopilación de datos tanto de la mecánica del juego como de parámetros biométricos para implementar técnicas de inteligencia artificial y aprendizaje profundo. Este enfoque innovador facilita un diagnóstico más preciso y abre nuevas vías para la intervención efectiva en el trastorno.

CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing** → **Scenario-based design**; • **Software and its engineering** → **Interactive games**.

KEYWORDS

Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad , Juego serio, Attention Msitakes, Realidad Virtual

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Marco contextual

El Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) es una de las condiciones neurológicas más comunes en la infancia, afectando entre el 4 y el 13 por ciento de los niños y adolescentes a nivel mundial según la Asociación Americana de Psicología [1]. Esta puede aparecer desde la etapa preescolar hasta la vida adulta, mostrándose una condición crónica, evolutiva y variada. Debido a ello, es de vital importancia diagnosticarla tempranamente mediante evaluaciones neuropsicológicas, para así poder abordar cuanto antes los desafíos que se enfrentan las personas que lo padecen a diario [4, 8].

La Realidad Virtual (RV) y la Realidad Aumentada (RA) son tecnologías que se están abriendo paso en estos ámbitos clínicos, ya que permiten mejorar generar un ambiente seguro a la hora de evaluar las habilidades cognitivas de cada sujeto y obtener a su vez unos datos mas precios y aumentar por consiguiente la adherencia al posible tratamiento a seguir[3, 7].

Bajo este marco, se ha comenzado a desarrollar una serie de juegos de atención que, mediante la incorporación de dispositivos diseñados para recolectar datos biométricos de los jugadores, buscan proveer un conjunto de herramientas para ser aplicado en la identificación del TDAH. A continuación se va a describir el próximo lanzamiento la saga de RV, Attention Mistakes. Un método de evaluación diseñado con el propósito de cuantificar la atención sostenida del usuario mediante patrones de estimulación parcialmente ordenados, y por consiguiente mejorar la imparcialidad y el atractivo de las evaluaciones frente a los métodos convencionales.

1.2 Objetivo de la prueba

El propósito central de este juego radica en enriquecer las evaluaciones neuropsicológicas existentes al ofrecer una nueva herramienta que facilite el diagnóstico del TDAH a través de la recopilación de datos biométricos de alta calidad en tiempo real. Este enfoque se traduce mediante la aplicación de una interfaz gráfica y un diseño de juego cuidadosamente elaborados para atraer y comprometer al grupo demográfico al que está dirigido; adolescentes. El objetivo principal es mejorar la experiencia del usuario durante el período de evaluación, aumentando tanto la precisión y la efectividad del diagnóstico del TDAH, como la participación del paciente durante el proceso de monitoreo de su condición.

2 METODOLOGÍA

En este proyecto se combina el análisis de requisitos técnicos y psicológicos, con el diseño y desarrollo de mecánicas de juego mediante el motor Unity. Se han diseñado tareas específicas para la identificación de patrones con distractores, y una interfaz que permite la correcta interacción del usuario para obtener datos precisos y relevantes.

2.1 Análisis de requisitos

Para asegurar la efectividad de estas evaluaciones, es esencial establecer un marco de requisitos que considere por una parte las características psicológicas de los participantes, y por otra aprovechar al máximo las capacidades de la tecnología de los dispositivos de Realidad Virtual con los que cuenta el proyecto [2, 5]:

- Las necesidades de los **sujetos de prueba** que va dirigida la prueba vienen determinadas por las edades de los mismos, las cuales están comprendidas entre los 6 y 18 años. Por otra parte, en términos psicológicos, es crucial contar con la posibilidad de que estos individuos presenten sospechas de padecer TDAH con manifestación de impulsividad, desorganización o dificultades para establecer prioridades.
- Paralelamente, se debe prestar atención a las especificaciones del **dispositivo de RV** que se empleará en durante la evaluación. Dado que este hardware será el dispositivo principal para la ejecución de la misma, es preciso diseñar una arquitectura meticulosa adaptada a los requisitos específicos de cada juego. Este aspecto garantizará eficacia y coherencia entre la experiencia del usuario y los objetivos establecidos para la evaluación, ofreciendo así resultados precisos y relevantes.

2.2 Diseño de mecánicas

La finalidad principal del juego es evaluar la capacidad de los usuarios para identificar, de manera rápida y precisa, las similitudes y diferencias en patrones parcialmente ordenados. El objetivo del el jugador será seleccionar el elemento que considere distinto dentro de un conjunto de tres opciones. Esta modalidad de prueba con inmersión virtual es especialmente relevante, ya que permite integrar una variedad de elementos distractores (visuales, auditivos o sensoriales) lo que contribuye a la complejidad de la tarea y, por ende, a la riqueza de los datos recopilados para su posterior análisis clínico. Los datos a recolectar estarán basados en esta dinámica de juego, e incluirán: el tiempo total empleado por el usuario en completar la prueba; el tiempo de reacción ante cada conjunto de tres objetos presentados; el número de respuestas correctas, comisiones (respuestas incorrectas) y omisiones (ausencia de respuesta); el total de interacciones llevadas a cabo durante la prueba; y el periodo en el que no se registra ninguna acción por parte del usuario. Estos parámetros son esenciales para construir un perfil detallado del rendimiento del usuario, el cual servirá de base para el diagnóstico clínico.

2.3 Attention Mistakes

Se busca generar un diseño que muestre la información de manera clara y concisa, permitiendo al sujeto comprender su objetivo principal en la prueba e interactuar correctamente en ella. Es crucial

Figura 1: Escenario de la narrativa de Attention Mistakes

diseñar una gráfica de juego cautivadora, especialmente cuando va dirigida un tan público joven. La captación de este interés se pretende conseguir mediante una narrativa sencilla, elementos visuales de la interfaz y el escenario de juego. Se busca generar una experiencia más agradable y una respuesta auténtica y natural por parte de los usuarios.

La **narrativa** presentada en este contexto es simple, y aunque no desempeña un papel fundamental durante el desarrollo de esta prueba, esta se emplea de manera estratégica para mejorar la experiencia de los jugadores. Para contextualizar a los usuarios dentro de la prueba y darle sentido a la tarea que van a realizar, se les muestra en un vídeo-tutorial. En este, el usuario se encuentra inmerso en un entorno que simula el interior de una fábrica donde se le describe que ha habido un incidente en la zona de almacenaje como se puede ver en la siguiente Figura 1. En esta parte de la fábrica han caído varias cajas de los estantes, resultando dañados los objetos que contenían, por lo que deberá ayudar a retirar los objetos defectuosos de los no dañados. Mediante esta narrativa se justificar el propósito del usuario durante la prueba de realizar un examen minucioso de los elementos que se le presentan, enfatizando la atención y el detalle en la evaluación de posibles daños o anomalías.

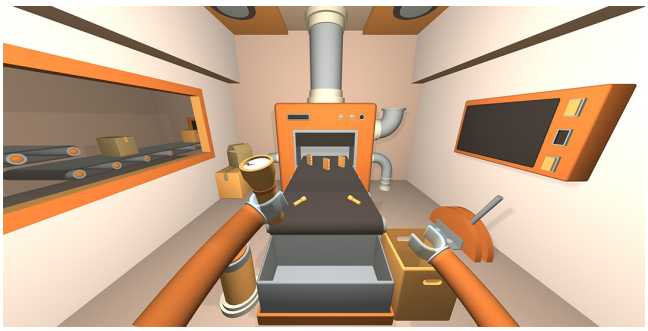


Figura 2: Zona de juego y desarrollo de la prueba Attention Mistakes

El videojuego se estructura en dos **escenarios** claramente diferenciados. La primera sala es la sala de bienvenida al juego, el punto inicial donde el avatar del jugador aparece al iniciar la prueba. Este

espacio presenta un diseño sencillo y funcional que, acompañado de un menú flotante, ofrece las opciones de iniciar la partida o salir de la prueba como se muestra en la siguiente Figura 3.

Cuando se selecciona la opción "JUGAR" del menú y, mediante un fundido a negro, se carga la siguiente sala 2. La aparición del avatar del usuario carga al final de una línea de producción. El objetivo, como se ha explicado, consiste en interactuar y examinar detenidamente los objetos que se presentan frente a él y retirar, en un cajón ubicado a su derecha, el elemento que perciba como diferente con respecto a los otros.

Al realizar esta acción, la cinta mecánica avanza automáticamente, aproximando los siguientes 3 elementos. En este contexto, al jugador se le da completa libertad de llevar a cabo las tareas de la prueba sin estar sujeto a ningún límite de tiempo establecido. Dada la naturaleza de la prueba, se reconoce que la destreza del usuario para completarla puede variar entre el entorno del juego y el mundo real, por lo que la medición del tiempo que el usuario dedica a la realización de la prueba se llevará a cabo considerando tipos de interacción específicos, tal como se detalla en la Sección 2.2 mecánicas del juego.

Figura 3: Sala de carga o bienvenida de Attention Mistakes

En cuanto al **diseño de objetos**, como se ha descrito en secciones previas, el objetivo de la tarea consiste en detectar los elementos que exhiban alguna tara o deterioro. Estos modelados 3D representan objetos comunes (llaves, relojes, botellas, libretas, etz) tal y como se muestra en la siguiente Figura 4. El propósito de emplear estos objetos cotidianos es generar una experiencia más cercana a la realidad, lo que permite realizar una evaluación más orgánica y contextualizada con el entorno habitual del usuario.

Para asegurarnos que los usuarios más jóvenes han comprendido las directrices de la prueba, se ha creado un **tutorial** que detalla la interacción con el entorno virtual del juego. Mediante este video, se les muestran indicaciones claras y visuales sobre las mecánicas del juego, facilitando así la familiarización con el entorno de juego y preparando al usuario para la evaluación real.

2.4 Implementación en el motor de desarrollo Unity

Mediante el motor de desarrollo Unity [6], se desarrolla la lógica del juego y se dota de vida al entorno virtual de evaluación mediante los elementos gráficos generados. Durante esta implementación se procede con la introducción estratégica de **distractores** a través de

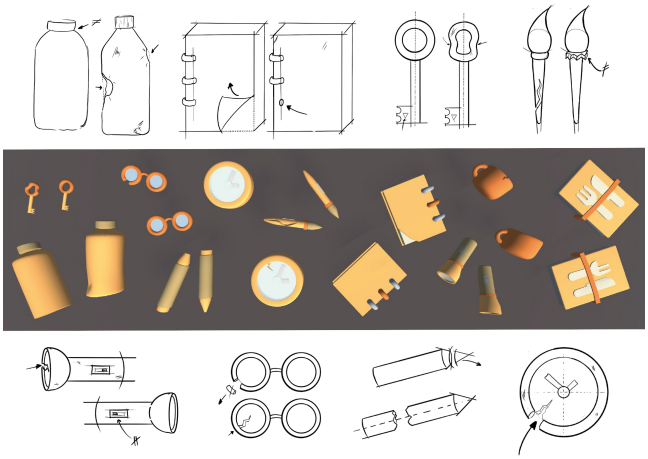


Figura 4: Muestra de elementos a interactuar en Attention Mistakes

tres niveles de dificultad, proporcionando así una evaluación mas personalizada. En el primer nivel, el jugador enfrenta la tarea sin distractores adicionales, ya que la propia aplicación de Realidad Virtual y el entorno inmersivo representan un desafío por sí mismos. En el segundo nivel de dificultad, se añaden distractores tales como la caída de algunas cajas de la sala contigua y el parpadeo de luces en la zona de juego, todos ellos acompañados de efectos sonoros correspondientes. El tercer nivel es el más desafiante ya que incluye, a parte de los dos distractores anteriormente descritos, elementos adicionales como un humo grisáceo proveniente de la máquina simulando una avería, el sonido de trabajadores "pasando" por detrás del usuario y una sirena con vibración implementada en los controles.

3 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) es una condición neurológica que afecta a un porcentaje significativo de adolescentes a nivel mundial, con implicaciones que pueden extenderse hasta la vida adulta. Es por ello que se han desarrollado una serie de juegos de atención que incorporan dispositivos para recopilar datos biométricos, con el objetivo de ayudar en la identificación del TDAH. Entre ellos, Attention Mistakes es un juego en Realidad Virtual (RV) que se presenta como una herramieta diseñada para cuantificar la atención sostenida del usuario empleando patrones de estimulación parcialmente ordenados. Con el fin de crear entornos de evaluación más inmersivos y ergonómicos, se han aprovechado al máximo las capacidades de los dispositivos de Realidad Virtual, eludiendo las diversas limitaciones asociadas al hardware empleado. La introducción de estas nuevas tecnologías en las evaluaciones puede afectar a la atención de los usuarios, ya que aunque se pretenda simular situaciones de la vida real, el mero hecho de utilizar este tipo de dispositivos tiende a captar más interés que la situación que intentan representar. En este trabajo se ha comprobado que este fenómeno puede influir en la percepción y la participación de los usuarios durante las evaluaciones.

Como trabajos futuros a realizar, se procederá con la experimentación y puesta en práctica de este videojuego, y por ende la recopilación de datos biométricos para su posterior análisis mediante técnicas avanzadas de Inteligencia Artificial como Aprendizaje Automático y Aprendizaje Profundo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido cofinanciado por: El Proyecto BALLADEER (PROMETEO / 2021 / 088), "A Big dAta anaLytical pLatform for the diagnosis and treatment of Attention deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) featuring ExtendEd Reality", financiado por la Conselleria de Innovación, Universidades, Ciencia y Sociedad Digital (Generalitat Valenciana); El proyecto AETHER-UA (PID2020-112540RB-C43), "A smart data holistic approach for context-aware data analytics: smarter machine learning for business modelling and analytics, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España: El Programa Propio para el Fomento del I+D+I (UAIND20-03B) Financiado por el Vicerrectorado de Investigación y Transferencia de Conocimiento de la Universidad de Alicante; Ayuda RED2022-134656-T financiada por MCIN/AEI/10.13039/5011-00011033

REFERENCIAS

[1] Association, A. P. *American Psychiatric Association Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-IV)*. VV.AA., 2012.

[2] Corporation, H. Htc vive. https://www.vive.com/. Accedido el 19 de febrero de 2024.

[3] Delgado-Gómez, D., Sújar, A., Ardoy-Cuadros, J., Bejarano-Gómez, A., Aguado, D., Miguelez-Fernandez, C., Blasco-Fontecilla, H., and Peñuelas-Calvo, I. Objective assessment of attention-deficit hyperactivity disorder (adhd) using an infinite runner-based computer game: a pilot study. *Brain Sciences 10*, 10 (2020), 716.

[4] Faraone, S. V., and Larsson, H. Genetics of attention deficit hyperactivity disorder. *Molecular psychiatry 24*, 4 (2019), 562–575.

[5] Technologies, M. P. Oculus rift. https://www.oculus.com/rift/. Accedido el 19 de febrero de 2024.

[6] Technologies, U. Unity. https://unity.com/. Accedido el 19 de febrero de 2024.

[7] Teruel, M. A., Navarro, E., Romero, D., García, M., Fernández-Caballero, A., and González, P. An innovative tool to create neurofeedback games for adhd treatment. In *Natural and Artificial Computation for Biomedicine and Neuroscience: International Work-Conference on the Interplay Between Natural and Artificial Computation, IWINAC 2017, Corunna, Spain, June 19-23, 2017, Proceedings, Part I* (2017), Springer, pp. 183–192.

[8] Vahia, V. N. Diagnostic and statistical manual of mental disorders 5: A quick glance. *Indian journal of psychiatry 55*, 3 (2013), 220.

Evaluation of Interactive Systems

Playability evaluation tool in game experiences oriented to the older adult population

Johnny Salazar †
Department of Computer Languages and Systems
University of Granada
Granada, Spain
jasalazar@correo.urg.es

Francisco Gutiérrez
Department of Computer Languages and Systems
University of Granada
Granada, Spain
fgutierr@ugr.es

Jeferson Arango
Department of Systems and informatic
University of Caldas
Manizales, Colombia
jeferson.arango@ucaldas.edu.co

Patricia Paderewski
Department of Computer Languages and Systems
University of Granada
Granada, Spain
patricia@ugr.es

ABSTRACT

This paper presents a web-based tool that evaluates the playability of game experiences, focusing specifically on the characteristics of older adults. For its development, a general-purpose playability evaluation tool has been taken as a basis and has been updated and adapted based on previous research results on motivation and game elements that should be taken into account for this target population. It is hoped that the results obtained through this tool will provide a robust means of assessing the playability of game experiences aimed at the older adult population, with the goal of providing quality game systems that promote active aging in physical, cognitive, and emotional terms.

CCS CONCEPTS

• Software and its engineering → Software organization and properties → Contextual Software domains → Virtual worlds software → Interactive games

KEYWORDS

Older Adults, Playability, Player Experience, Game Based Systems, Fun, Motivation.

ACM Reference format:

Johnny Salazar, Francisco Gutiérrez, Jeferson Arango and Patricia Paderewski. 2024. Playability evaluation tool in game experiences oriented to the older adult population. In *Proceedings of ACM* Interacción'24, June 19-21 2024, La Coruña, Spain. *2 pages.*

1 Introduction

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s). Interacción'24, June 2024, La Coruña, Spain

Nowadays, technological advances have led to the generation of new experiences in various aspects of human life, such as education, health, work and entertainment. In the field of entertainment, specifically in game-based systems, known as Game Based Systems (GBS), new forms of interaction have been developed through different technological devices, allowing immersive and user-friendly experiences to be enjoyed.

Although there are numerous methods for assessing usability in GBS, none of them are completely objective. GBS contain subjective elements that are not addressed in usability evaluations, nor do they manage to be addressed with the evaluation of positive or negative user perceptions from a user experience (UX) approach [1]. In this context, the concept of playability is more accurate and appropriate, as it allows to evaluate the quality of a GBS as a software product, providing a more accurate measure of the fun that the game can provide [2].

2 Background

Although there are several methods to evaluate the playability of a GBS, the most complete theory at present is the one proposed by González and Gutiérrez [2]. According to them, the quality of a GBS is determined by its objectives, rules, mechanics and game dynamics, as well as by the player's experiences and emotions when interacting with the system. They further define playability as "the degree to which users can achieve objectives effectively, efficiently and especially, with satisfaction and enjoyment in a game context" [3]. From this, they proposed 6 facets (different views of playability) and a set of properties and attributes of playability to characterize it in detail: Intrinsic, mechanic, interactive, artistic, personal and social playability. In each facet of playability, attributes transversal to all of them are evaluated. The authors propose 7 playability attributes: effectiveness, learning, immersion, satisfaction, motivation, emotion and socialization [3].

3 Proposal for the evaluation of game experiences from a playability approach

Based on the research advances obtained in relation to the analysis of game and entertainment experiences in older adults with some degree of pervasivity, we have developed the PL/PX web platform. The platform aims to centralize these results, allowing easy and complete access through the web. It can be found at https://plpx.johnnysalazar.net/, is fully responsive and is available in English and Spanish (see Figure 1). PL/PX includes the detailed definition of a standardized evaluation process, heuristic definitions to identify potential game experience design issues from a motivational approach and game elements to enhance the player experience, an evaluation tool to assess the player experience of participants, and the evaluation of the playability of a GBS.

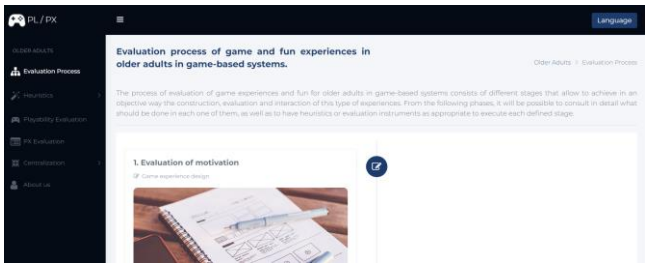


Figure 1: PL/PX platform. Own elaboration.

The evaluation tool found on the platform allows the analysis of the 9 facets of playability, through a set of questions assigned for each facet. These must be answered on a 5-point Likert scale. The evaluator can make comments on each evaluation item, as well as omit them as required. In addition, answered items are linked to the different attributes of the playability, allowing to obtain preliminary results for each facet answered.

When the expert conducting the evaluation has answered the different playability facets considered necessary, the results can be analyzed in depth. This analysis makes it possible to compare the different facets analyzed, observing differences between them (see Figure 2). If the pervasive playability facet was answered in the evaluation process, additional results focused specifically on the analysis of the degree of pervasiveness of the experience can be seen.

Figure 2: Comparison of results between the different facets of playability.

4 Conclusions and future work

The design and implementation of the playability evaluation process in game experiences aimed at the older adult population was a considerable challenge. To achieve this in a rigorous and objective way, it was necessary to carry out previous research on the motivational aspects and game elements relevant to this population group. This research not only allowed us to define the process, but also to improve and extend it from a pre-existing general purpose playability evaluation model.

This application case for the older adult population can be replicated to adapt similar assessments to different generational groups, following the guidelines and methods applied here. Future extensions of this research should focus on applying the tool to evaluate game experiences with a group of expert evaluators, to document the detailed evaluation process and provide greater depth on the interpretation of the results and their application in real projects.

ACKNOWLEDGMENTS

This work has been supported by the PLEISAR-Social project, Ref. PID2022-136779OB-C33, funded by the Ministry of Science and Innovation (MCI/AEI/FEDER, UE). Finally, we would like to thank MINCIENCIAS of government of Colombia for providing the necessary resources for the completion of this research.

REFERENCES

[1] A. Rienzo and C. Cubillos, "Playability and player experience in digital games for elderly: A systematic literature review," Sensors (Switzerland), vol. 20, no. 14, pp. 1–23, 2020, doi: 10.3390/s20143958.

[2] J. L. González and F. L. Gutierrez, "Jugabilidad: Caracterización de la experiencia del jugador en videojuegos.," Universidad de Granada, 2010.

[3] J. L. González, F. L. Gutiérrez, F. M. Simarro, and N. Padilla-Zea, "Playability: Analysing user experience in video games," Behaviour and Information Technology, vol. 31, no. 10, pp. 1033–1054, 2012, doi: 10.1080/0144929X.2012.710648.

¿Es posible crear gráficos accesibles con Microsoft Excel?

repaso a las posibilidades y los límites, con especial atención a los usuarios con baja visión

Rubén Alcaraz-Martínez
Departament de Biblioteconomia, Documentació i Comunicació Audiovisual. Universitat de Barcelona
Barcelona, Spain
ralcaraz@ub.edu

Mireia Ribera
Departament de Matemàtiques i Informàtica, Institut de Matemàtiques, Universitat de Barcelona
Barcelona, Spain
ribera@ub.edu

Jordi Roig Marcelino
Departament de Matemàtiques i Informàtica, Universitat de Barcelona
Barcelona, Spain
jordi.roig@ub.edu

Afra Pascual-Almenara
Departament d'Informàtica i Enginyeria Industrial
Universitat de Lleida
Lleida, Spain
afra.pascual@udl.cat

Los gráficos estadísticos son fundamentales para la alfabetización informacional y esenciales en el proceso de comunicación de conceptos y relaciones científicas abstractas que resultan difíciles de comprender mediante representaciones alternativas. Estos tipos de visualizaciones pueden presentar numerosas barreras para los usuarios con baja visión, un colectivo a menudo ignorado a pesar de su enorme prevalencia. El objetivo de este trabajo es realizar una evaluación de la accesibilidad de Microsoft Excel (MS Excel) como herramienta de autor mediante las *Authoring Tool Accessibility Guidelines 2.0 (ATAG)* [1] por lo que respecta específicamente a su capacidad para crear gráficos estadísticos accesibles.

La metodología utilizada ha consistido en: evaluar a) la conformidad del software MS Excel con las ATAG 2.0; y b) la conformidad de los gráficos generados de acuerdo con un conjunto de principios heurísticos de dominio planteados en un trabajo previo [2].

Para el análisis de la capacidad de MS Excel como herramienta de autor para generar gráficos accesibles, se adaptaron las ATAG a las necesidades particulares de este trabajo. Concretamente, se asimilaron los principios heurísticos de dominio mencionados previamente, con los criterios de conformidad presentes en la parte B de las ATAG. Este proceso dio como resultado una lista de 48 requisitos considerados esenciales para la creación de un gráfico estadístico accesible.

En el caso de las evaluaciones heurísticas, en primer lugar, se creó un gráfico utilizando todas las funciones de accesibilidad disponibles en el software. A partir de este gráfico integrado en una hoja de cálculo (XSLX), se generaron tres versiones alternativas: una versión importada en un documento Word (DOCX), una versión exportada en formato HTML y una versión en formato SVG. Cada autor realizó individualmente la revisión de cada una de estas versiones y, finalmente, se realizó una puesta en común para debatir y consolidar los resultados obtenidos.

En cuanto al cumplimiento de las ATAG,[1] los resultados obtenidos muestran que MS Excel tan solo cumple con 26 de los 48 requisitos identificados (54,17%). Si bien la aplicación facilita la creación y edición de algunos de los elementos más importantes para garantizar la accesibilidad de un gráfico (título, leyenda, ejes, texto alternativo…), carece de otras opciones igualmente relevantes (pie de imagen, descripción larga, fuente de datos…). Por otro lado, la herramienta no ofrece plantillas accesibles por defecto, traspasando a los autores toda la responsabilidad en este sentido. Por lo que respecta a las evaluaciones heurísticas,[2] las cuatro versiones del gráfico presentan porcentajes de cumplimiento de los principios iguales o superiores al 66,66%, siendo las versiones en formatos XSLX y DOCX las que han obtenido un mejor resultado (72,2%). Los resultados obtenidos y los gráficos objeto de análisis pueden consultarse en línea.

Los resultados muestran como MS Excel, una solución muy popular y ampliamente adoptada en numerosos sectores, no cumple con una parte importante de los requisitos de accesibilidad que debería contemplar para garantizar la accesibilidad de los documentos generados con sus herramientas. En el mismo sentido, los gráficos generados también presentan diversas deficiencias, así como un escaso soporte para la generación de contenido accesible por defecto.

Interacción'24, Junio 19-21, 2024. A Coruña, España
Texto completo en: https://doi.org/10.1145/3657242.3657243

Notes

[1] https://doi.org/10.6084/m9.figshare.25603344
[2] https://doi.org/10.6084/m9.figshare.25555698

REFERENCES

[1] W3C. 2015. *Authoring Tool Accessibility Guidelines (ATAG) 2.0*. https://www.w3.org/TR/ATAG20.
[2] Rubén Alcaraz-Martínez, Mireia Ribera and Toni Granollers Saltiveri. 2021. Methodology for heuristic evaluation of the accessibility of statistical charts for people with low vision and color vision deficiency. *Universal access in the information society* 21, 863–894. https://doi.org/10.1007/s10209-021-00816-0.

Evaluación comparativa de soluciones de estimación de pose humana para platós virtuales de televisión

Rubén Arenas
Dept. de electrónica y computación.
Universidad de Santiago de Compostela.
ruben.arenas.hernan@gmail.com

Roi Méndez
Grupo de Estudios Audiovisuales
Universidad de Santiago de Compostela
España
roi.mendez@usc.es

Luis Pedraza
Universidad Internacional de la Rioja.
España
luis.pedraza@unir.net

Julian Flores
Dept de electrónica y computación.
Universidad de Santiago de Compostela.
julian.flores@usc.es

RESUMEN

En los últimos años, el uso de platós virtuales de televisión (VTS) ha crecido tanto en producciones televisivas tradicionales, como en programas de emisión en línea y streaming, ya sea en entornos de producción profesionales o en escenarios con una configuración más amateur. Este crecimiento viene acompañado de un gran desarrollo de la tecnología. Sin embargo, la interacción entre los actores o presentadores de televisión y la escena virtual sigue siendo muy limitada porque la captura de los movimientos del cuerpo humano es un problema complejo que requiere equipos hardware caros y software de altas prestaciones para ser realizado en tiempo real. Por otro lado, la Estimación de la Pose Humana (HPE) mediante dispositivos de bajo coste, ha sido un tema candente de investigación debido a su amplia gama de aplicaciones que van desde la visualización deportiva, seguridad, medicina, etc. El objetivo de este trabajo es determinar si las diferentes tecnologías de estimación de la pose humana pueden ser utilizadas como interfaz entre actores o presentadores y una escena en un VTS. Para ello, se desarrolla una comparativa pormenorizada de las principales herramientas de HPE con el fin de determinar aquellas soluciones que cumplen con los requerimientos para ser utilizadas en VTS para broadcasting y streaming en tiempo real y definir cuál de las opciones exploradas es la más adecuada para una futura implementación.

Tras una búsqueda exhaustiva entre las soluciones de HPE de código abierto disponibles se seleccionaron 14 soluciones para su análisis de las cuales, por diferentes motivos de compatibilidad con el sistema de test (un VTS situado en la Facultad de Ciencias de la Comunicación de la USC con funcionamiento en local sobre windows10 y en tiempo real), fueron seleccionadas 5 (hpeOpenCV, MediaPipeTest, PoseNetPython , Drone-vision y BlazePose_OpenVino). Sobre estas soluciones se realizaron los test locales printMetrics y No-view y un test global de cara a analizar los fotogramas por segundo que cada solución es capaz de procesar (para su uso en tiempo real), gestión de memoria y el uso de CPU. Como resultado se comprueba que MediaPipeTest y BlazePse_OpenVino son las únicas que mantienen una ratio de fotogramas por segundo suficiente para su uso en directo, siendo la segunda opción la que presenta unos mejores resultados en uso de CPU y memoria. Del mismo modo, presenta una precisión suficiente para su posible uso en un entorno de producción real.

Como conclusión podemos decir que existen soluciones de HPE de código libre que pueden ser utilizadas en VTS, utilizando las propias cámaras del plató como sensor y permitiendo mejorar las capacidades comunicativas de los actores o presentadores sin incluir un aumento significativo de los costes de producción.

CCS CONCEPTS

Human-centered computing • Interaction design • Interaction design theory, concepts and paradigms.

PALABRAS CLAVE

Evaluación comparativa, emisión en directo, Estimación de Pose Humana, Platos Virtuales de Televisión, Interacción persona-ordenador.

Interacción'24, Junio 19-21, 2024. A Coruña, España

Self-guided Spatial Composition as an Additional Layer of Information to Enhance Accessibility of Images for Blind Users

Raquel Hervás
Alberto Díaz
raquelhb@fdi.ucm.es
albertodiaz@fdi.ucm.es
Facultad de Informática and Instituto de Tecnología del Conocimiento
Universidad Complutense de Madrid
Madrid, Spain

Matías Amor
Alberto Chaves
Víctor Ruiz
matiamor@ucm.es
albercha@ucm.es
vruiz04@ucm.es
Facultad de Informática
Universidad Complutense de Madrid
Madrid, Spain

ABSTRACT

La composición espacial de imágenes puede proporcionar información adicional en una imagen o fotografía. Sin embargo, los enfoques habituales para hacer que las imágenes sean accesibles para personas ciegas se centran principalmente en describir el contenido de la imagen, sin profundizar en otros aspectos como la composición espacial, los colores, el fondo, rostros conocidos, etc. Así, se pierde mucha información que está presente en la imagen pero que no se incluye en la descripción para un usuario ciego. Este trabajo explora la combinación de técnicas de descripción de imágenes y detección de objetos con el objetivo final de hacer que las imágenes sean más accesibles para los usuarios ciegos. El enfoque es doble: (1) se combinan algoritmos de descripción de imágenes y detección de objetos para que los usuarios ciegos puedan visualizar la composición espacial de una imagen; y (2) los usuarios ciegos guían la exploración de las imágenes, de modo que puedan recopilar toda la información de manera personalizada y hacer su propia interpretación.

Para comprender las experiencias de las personas ciegas al intentar percibir la información contenida en una imagen accedida a través de un *smartphone*, se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas a tres personas con ceguera. El objetivo de estas entrevistas era conocer sus necesidades y experiencias al intentar acceder a la información "visual" contenida en una imagen digital, incluidos los desafíos específicos que encuentran y qué información les gustaría conocer.

A partir de esta información se implementó un prototipo preliminar basado en los requisitos obtenidos, y se realizó una evaluación con el objetivo de determinar si permitir que los usuarios ciegos puedan guiar ellos mismos su exploración de las entidades en una imagen podría proporcionar más información que una descripción generada independientemente. Los resultados de esta evaluación fueron prometedores. Los participantes quedaron razonablemente satisfechos con la usabilidad del prototipo, y en varios casos pudieron obtener más información durante su exploración autoguiada de las imágenes que con la descripción general original. Por ejemplo, los participantes fueron capaces de saber si algunos objetos se encontraban en primer plano o en el fondo de la imagen, y también de deducir la posición relativa de los objetos.

Sin embargo, también se detectaron algunos problemas durante la evaluación. Estos problemas incluyen objetos etiquetados incorrectamente por los algoritmos, que pueden confundir la interpretación del usuario, o la falta de detalle proporcionada sobre los objetos etiquetados. Estos problemas, así como algunas funcionalidades que no se pudieron implementar en el prototipo inicial, se abordarán en el trabajo futuro.

KEYWORDS

Accessible Images, Blind Users, Spatial Composition, Image Description, Object Recognition

ACKNOWLEDGMENTS

Este trabajo fue financiado por el proyecto CANTOR (Composición Automática de Narrativas personales como apoyo a Terapia Ocupacional basada en Reminiscencia, PID2019-108927RB-I00) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación con referencia AEI/10.13039/501100011033. También queremos agradecer a V.A., G. y M. su participación en este trabajo.

Interacción'24, Junio 19–21, 2024, A Coruña, España
Texto completo en: https://doi.org/10.1145/3657242.3658590.

Mental Workload of Guiding Devices: Directional Pulling Forces, Vibrotactile Stimuli and Audio Cues

Stefan Donkov
stefanpetkov.donkov@unavarra.es
Universidad Pública de Navarra,
Departamento de Estadística,
Informática y Matemáticas
Pamplona, Spain

Sonia Elizondo*
sonia.elizondo@unavarra.es
Universidad Pública de Navarra,
Departamento de Estadística,
Informática y Matemáticas
Pamplona, Spain

Iñigo Ezcurdia
inigofermin.ezcurdia@unavarra.es
Universidad Pública de Navarra,
Departamento de Estadística,
Informática y Matemáticas
Pamplona, Spain

Iosune Sarasate
iosune.sarasate@unavarra.es
Universidad Pública de Navarra,
Departamento de Estadística,
Informática y Matemáticas
Pamplona, Spain

Asier Marzo
asier.marzo@unavarra.es
Universidad Pública de Navarra,
Departamento de Estadística,
Informática y Matemáticas
Pamplona, Spain

ABSTRACT

Las vibraciones asimétricas generan estímulos táctiles en la mano que producen una sensación de tracción. Este efecto ha sido utilizado como método de guiado. Hemos llevado a cabo un estudio de usuario para comparar las vibraciones asimétricas, las vibraciones simples y las señales de audio como métodos de guiado, midiendo el tiempo para finalizar la tarea y la carga mental requerida. Dicha carga mental fue evaluada (N=22) utilizando el paradigma de la ejecución dual con pruebas de Stroop y de operaciones aritméticas como tareas secundarias. Las indicaciones por audio requirieron significativamente menos tiempo para completar la prueba base y las pruebas Stroop, en comparación con los otros métodos de guiado. No se encontraron diferencias significativas en el tiempo de reacción para la tarea principal de guiado. El uso de audio fue evaluado como el método de guiado menos mentalmente exigente en el cuestionario NASA-TLX.

KEYWORDS

Háptica, Dispositivos de Guiado, Fuerzas de Tracción Direccionales, Estímulos Vibrotáctiles, Carga Mental

*To whom correspondence should be addressed.

Interacción'24, Junio 19–21, 2024, A Coruña, España
Texto completo en: https://doi.org/10.1145/3657242.3658581.

Análisis generacional de la accesibilidad en los videojuegos

Daniel Blanco
Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)
Madrid, España
dblanco188@alumno.uned.es

Covadonga Rodrigo
Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos
Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)
Madrid, España
covadonga@lsi.uned.es

Francisco Iniesto
Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos
Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)
Madrid, España
finiesto@lsi.uned.es

RESUMEN

A lo largo de su historia, los videojuegos comerciales han avanzado enormemente en su complejidad. Desde las obras iniciales, consistentes en unos pocos pixeles interactivos, hasta las superproducciones que copan el mercado actual, y que son desarrolladas por equipos formados por cientos de profesiones. También se puede reconocer un avance paulatino en materia de accesibilidad en los videojuegos. Este artículo presenta un análisis histórico y funcional de los avances en accesibilidad que se han sucedido en el transcurso de las diferentes generaciones de videoconsolas. La mejora observada es significativa alcanzando el sector el culmen actual con la publicación en el año 2020 del primer estándar de accesibilidad enfocado específicamente en los videojuegos, las denominadas pautas de accesibilidad de Xbox.

CONCEPTOS CCS

•Accessibility technologies • Empirical studies in accessibility • Accessibility design and evaluation methods

PALABRAS CLAVE

Accesibilidad, videojuegos, norma EN 301 549

1 Introducción

El videojuego ha pasado en los últimos 50 años de ser un pasatiempo para unos pocos a ser una industria que supera ampliamente la facturación de la música y del cine combinados. Independientemente de las innovaciones que se incorporan cada año, de su contenido lúdico o comercial, el videojuego es, hoy por hoy, mucho más que una opción de ocio, y a pesar de ello su uso todavía está restringido a una parte importante de la población: las personas con discapacidad. De los más de 1000 millones de personas (cerca del 15% de la población mundial) que viven con discapacidad [1] Microsoft estima que en 2021 había más de 400 millones eran jugadores de videojuegos [2]. Por tanto, los videojuegos, al igual que el resto de las aplicaciones informáticas, pueden ser disfrutadas por todo el mundo siempre que sean desarrollados siguiendo las pautas de accesibilidad adecuadas. Ya en el año 2004 miembros del Game Accessibility Special Interest Group de la International Game Developers Association presentaron un libro blanco en el que se recogía toda la información del momento sobre la accesibilidad en videojuegos. Resumía tanto los obstáculos a los que se enfrentan las personas con discapacidad como consejos para mejorar la accesibilidad y propuestas para alentar a los desarrolladores de videojuegos comerciales a mejorar las características de accesibilidad de sus títulos [3].

Desde entonces, el tema ha sido tratado desde muy diferentes ángulos. En el año 2012, el Centro de Referencia Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas (CEAPAT) del Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO) publicó un amplio estudio de la accesibilidad en los videojuegos. Su aproximación estaba enfocada en la utilización de videojuegos accesibles en la educación, rehabilitación y participación social de personas con discapacidad, destacando su manera cualitativa y objetiva para evaluar el nivel de accesibilidad de los videojuegos comerciales [4]. Con un enfoque completamente diferente, en el año 2015, Disability Studies Quarterly publicó una revisión de la normativa estadounidense aplicable a los videojuegos en materia de accesibilidad, llegando a la conclusión de que la industria nunca creará videojuegos completamente accesibles de manera generalizada por iniciativa propia, debido a que resulta imposible medir los beneficios económicos que esto supondría, si es que los hay. Es por este motivo que se propone la elaboración de una ley específica [5].

En este artículo se realiza un análisis generacional de los avances en accesibilidad según han ido apareciendo a lo largo de la historia de los videojuegos comerciales. Dado que no hay bibliografía científica al respecto, la aproximación escogida ha sido utilizar un baremo objetivo para valorar cada avance: la norma Europea de Accesibilidad para Productos y Servicios de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) EN 301 549 “Requisitos de accesibilidad de productos y servicios TIC”.

Interacción'24, Junio 19-21, 2024. A Coruña, España

2 Aplicación del árbol de decisión de la Norma EN 301 549 en los videojuegos

La norma EN 301 549 es un estándar europeo que define los requisitos que deben cumplir los productos y servicios basados en tecnologías de la información y comunicación para permitir su uso a personas con discapacidades. Esta norma es aplicable cualquier tipo de productos y servicios basados en tecnologías de la información y comunicación, incluyendo cualquier tipo de software, hardware y cualquier combinación de éstos. La EN 301 549 se basa en gran medida en las Pautas de Accesibilidad al Contenido Web v2.1, publicadas por el W3C y conocidas como WCAG 2.1. Sin embargo, las versiones EN 301 549 v2.1.2 y v3.2.1 incluyen requisitos que no forman parte de WCAG 2.1. Es importante tener en cuenta que las versiones de WCAG posteriores a 2.1 no son automáticamente relevantes, por tanto, la norma EN 301 549 va más allá de los requisitos de la WCAG [6].

Los requisitos están agrupados en nueve grupos de características o funciones mediante los que se organizan los 279 requisitos y las 11 recomendaciones del estándar. Los específicos que se pueden aplicar al caso de los videojuegos son:

- "5. Requisitos genéricos".
- "7. TIC con capacidades de vídeo".
- "11. Software".
- "12. Documentación y servicios de apoyo ".

Para saber que requisitos o recomendaciones deben seguir los videojuegos, hay que comprobar si los videojuegos cumplen o no las precondiciones que aparecen enunciadas en cada uno. Como es muy ineficiente responder a las 290 cuestiones que corresponderían con cada una de las precondiciones de todos los requisitos y recomendaciones, es recomendable utilizar un árbol de decisión [7] que las reduce a 37. Cada pregunta del árbol de decisión afecta a bloques de varios requisitos y recomendaciones. Además, la respuesta a cada pregunta permite determinar cuál es la siguiente cuestión que debe responderse. Por todo lo anterior, las premisas que se han seguido en el desarrollo de esta investigación son:

- Se ha utilizado el árbol de decisión de la Norma EN 301 549 v.3.1.1. (2019) como un baremo, aplicándolo a todos los videojuegos analizados, independientemente del histórico, analizando solo su funcionalidad.
- El foco de este estudio está centrado en los videojuegos y sus opciones de accesibilidad.

Los requisitos y recomendaciones que se presentan en este artículo se han limitados a las características de los videojuegos. Por lo tanto, no se refiere a aquellas pertenecientes al software o al hardware de la videoconsola.

3 Metodología y medios empleados

Para el análisis de la accesibilidad se han utilizado copias originales, emulaciones (con licencia de software libre) o imágenes proporcionadas por diferentes creadores de contenido (YouTube, Twitch, etc). Dado que es un análisis histórico, gran parte de los videojuegos analizados están descatalogados y forman parte del coleccionismo. Como punto de partida se ha tomado el videojuego Pong debido a su simplicidad técnica y a que ésta ha sido la obra que marcó el inicio de la primera generación de videoconsolas.

4 Avances en la accesibilidad según generaciones de videojuegos

A lo largo de la historia de los videojuegos comerciales se han ido sucediendo los avances en materia de accesibilidad. En muchos casos, han sido completamente fortuitos, ya que su primera intención no era hacer más accesibles los videojuegos. Asimismo, los grandes videojuegos de cada generación han sido muy importantes en el avance de la accesibilidad, ya que, debido a su influencia, han popularizado las características que implementaban. También la publicación de la Twenty-First Century Communications and Video Accessibility Act (2010) y la EN 301 549 (2014), d textos normativos importantes en materia de accesibilidad en productos y servicios TIC, han servido para aumentar la concienciación y acelerar la incorporación de características de accesibilidad en los videojuegos.

La historia temprana del videojuego cubre un período que abarca desde la aparición de los primeros juegos electrónicos interactivos en los años cincuenta (Bertie the Brain [8]), hasta la creación en 1972 de la primera máquina recreativa que fue un éxito comercial. Durante los años cincuenta, estos primeros videojuegos tenían como propósito servir de demostraciones tecnológicas, aparecen los primeros programas para jugar al ajedrez y a las damas, simulando rompecabezas matemáticos o juegos de mesa. En la década de los sesenta, gracias a la aparición y popularización de los primeros lenguajes de programación de alto nivel como BASIC, cuyos programas podían ser ejecutados en diferentes tipos de hardware, los videojuegos pasan de las instituciones investigadoras y las exposiciones tecnológicas a diseminarse entre la comunidad de programadores. Este es el caso de Space Travel [9], videojuego programado en el año 1969 por Ken Thompson para el sistema operativo Multics. En el año 1971 aparece el primer videojuego arcade, Computer Space [10], primer videojuego que está disponible comercialmente y que llega al público general. En 1972, aparece la recreativa que popularizó el medio y que se convirtió en el primer éxito comercial del mundo del videojuego con más de 8000 cabinas vendidas, Pong [11], desarrollado por Allan Alcorn, trabajador de la empresa Atari.

4.1 Primera generación

La primera generación de videoconsolas domésticas nace con la salida en el año 1972 de Magnavox Odyssey, sistema desarrollado por un pequeño equipo liderado por Ralph H. Baer para la empresa Sanders Asociados. No podía procesar colores, por lo que todos los videojuegos son en blanco y negro. Tampoco era capaz de emitir ningún tipo de sonido, ni de almacenar puntuaciones.

Históricamente hay una división en las consolas de primera generación entre aquellas que permitían cambiar de videojuegos a través de cartuchos o game cards, y las llamadas Pong Consoles, que tenían preinstaladas diferentes versiones de Pong entre las que el usuario podía elegir. Ninguno de los requisitos genéricos de la

norma EN es aplicable a Pong. El requisito 5.2. Activación de características de accesibilidad no es aplicable porque Pong no tiene características de accesibilidad documentadas. El requisito 5.9. Acciones simultáneas del usuario tampoco será aplicable, ya que no requiere que el usuario realice varias acciones de manera simultánea. Tampoco presenta elementos accionables, ni presenta ningún tipo de control de bloqueo o conmutación, y no tiene capacidades de vídeo, por lo que no se pueden aplicar los requisitos asociados.

En cuanto a los requisitos relacionados con proporción de una interfaz de usuario, Pong no cumple ninguno. Esto se debe a que las videoconsolas de primera generación no presentan ningún servicio de accesibilidad documentado, y los propios videojuegos no proporcionan medios para cumplir con los requisitos.

Sin embargo, Pong cumple con algunas precondiciones asociadas a requisitos vinculados con el contraste. Se trata de los requisitos 11.1.4.3. Contraste mínimo y 11.1.4.11. Contraste no textual. Debido a las limitaciones técnicas de la época, Pong es un videojuego en blanco y negro, por lo que cumple perfectamente con los contrastes mínimos exigidos. También cumple el 11.2.3.1. Umbral de tres destellos o menos, a pesar de que los puntos que se mueven en pantalla flashean muy rápidamente y de manera continuada, pero el espacio de pantalla que ocupan estos puntos es muy pequeño. El requisito 11.1.3.3. Características sensoriales se cumple solo en algunas versiones de Pong, debido a que hay muchas videoconsolas de primera generación que no permiten la emisión de ningún sonido que pudiera servir de feedback cuando un usuario le da a la bola.

Hay que señalar un requisito que Pong no cumple, y que pudiera parecer muy básico. Se trata del requisito 11.2.2.2. Poner en pausa, detener, ocultar. No será hasta la segunda generación de videoconsolas que aparezcan los primeros controles con un botón dedicado a pausar la partida.

4.2 Segunda generación

En noviembre del año 1976 nació la segunda generación de videoconsolas, caracterizada por abandonar los videojuegos integrados en consolas, y por la aparición de un sistema de almacenamiento en cartuchos más avanzados, que no requerían de superposiciones en pantalla ni de ningún otro tipo de accesorios para ser plenamente funcionales. También es la primera generación en incorporar software y hardware con características dirigidas a la accesibilidad.

A modo de ejemplo, la Atari 2600 publicó algunos de sus títulos más importantes con la llamada “special feature”, pensada para su uso por parte de niños pequeños, que permitía ralentizar el juego, o incluso eliminar la mayoría de los enemigos en pantalla, reduciendo de esta manera en gran medida la dificultad que ayuda a muchos usuarios con discapacidad. A nivel de hardware, los primeros mandos adaptados son de esta generación, como Atari 2600 Kid’s Controller, con teclas más grandes y blandas, y que permite la superposición de plantillas personalizadas para cada juego compatible. También aparecieron los primeros controles de videoconsola con trackball, que también eran más precisos y permitían obtener mejores puntuaciones.

En esta generación la paleta de colores de los videojuegos aumenta considerablemente, permitiendo mostrar a todo color o en versión blanco y negro. Se podría considerar la primera característica de accesibilidad para usuarios daltónicos.

El videojuego más vendido de esta generación, y a su vez el más representativo históricamente es Pac-Man, el cual adolecía de las mismas carencias de accesibilidad que Pong. El gran paso delante de Pac-Man es la ya citada special feature permitiendo 8 modos de juegos distintos según la velocidad asignada a los personajes. Sin embargo, tanto los fantasmas como los power-ups o potenciadores parpadean continuamente y tan rápidamente que a veces no eran bien visibles. Además, hay referencias en noticias de la época en las que se reportan ataques epilépticos en niños mientras jugaban a Pac-Man [12]. A pesar de que en esta generación aparecen los primeros mandos con botón de pausa, Pac-Man se creó para ser compatible con el control por defecto del sistema, que consistía tan solo en un joystick y un botón. No permite pausar la partida, por lo que tampoco cumple con el requisito 11.2.2.2. Poner en pausa, detener, ocultar.

Finalmente, el requisito 11.1.4.11. Contraste no textual solo lo cumple en el modo B&W de la consola. En el modo a todo color, la ratio de contraste entre los fantasmas cuando adquieren el color lila, los power-ups y el fondo de color azul es de 2.41:1, menor que el mínimo exigido de 3:1. La paleta de colores disponibles para la Atari 2600 dependía del formato de señal de la televisión (distinto en NTSC y PAL). Por lo tanto, este incumplimiento del requisito no es problema de las limitaciones del hardware, sino que es por culpa de una mala elección de colores por parte de los desarrolladores del videojuego.

4.3 Tercera generación

La tercera generación de videoconsolas, también llamada generación de los 8 bits (1983), coincide con la salida simultánea al mercado de la Family Computer de Nintendo y de la SG-1000 de Sega. Junato a las mejoras en cuestiones gráficas y capacidad de sonido, el gran cambio que marca esta generación es la inclusión de pequeñas memorias en los cartuchos de los videojuegos que permitían guardar partida (ej. The Legend of Zelda). Poder guardar partida permitió la aparición de videojuegos mucho más largos y complejos. En cuanto a accesibilidad, esta generación está totalmente marcada por la aparición del primer accesorio hardware diseñado pensando en jugadores con disacpacidad: el Hands Free Controller, creado por el Departamento de Investigación y Desarrollo de Nintendo (1989). Es un controlador diseñado para ser utilizado por personas con uso limitado o nulo de las manos con una palanca que se controla con la barbilla, permitiendo mover al personaje, y una boquilla de plástico, que a través del sistema conocido como “sip and puff” (aspira y sopla), permite pulsar los botones A, B y Start que tienen los mandos convencionales de esta videoconsola.

El gran defecto que presentaba este controlador es que no permitía la pulsación simultanea de los botones A y B, requerido por una gran cantidad de videojuegos de la época, por lo que sufría de problemas de compatibilidad.

Esta generación también está marcada por la primera demanda contra una compañía desarrolladora de videojuegos, en el año 1991, por provocar ataques epilépticos con sus obras [13]. Esta demanda es la primera de muchas que se sucedieron en esta generación, principalmente contra Nintendo, y tienen una repercusión que es analizada en el apartado correspondiente a la quinta generación de videoconsolas.

El videojuego más emblemático de esta generación, y el más importante a nivel comercial es Super Mario Bros. (1985). En materia de accesibilidad, evita algunos de los errores que presentaban videojuegos analizados anteriormente, pero incorpora algunos nuevos. Así, por ejemplo, evita la utilización de destellos rápidos en la pantalla y la paleta de colores disponible (56 colores básicos diferentes y 3 bits dedicados a variar el énfasis de estos colores con combinaciones de rojo, verde y azul) resultando en una paleta formada por 448 tonalidades diferentes [14]. Asimismo, la incorporación del botón Start en los controles de esta videoconsola, cumple los requisitos 11.2.2.2. Poner en pausa, detener, ocultar y 11.1.4.2. Control del audio, ya que al pausar la partida también se pausa el sonido del videojuego. Sin embargo, el aumento de la complejidad del videojuego provoca problemas de accesibilidad. Por ejemplo, el límite de tiempo para terminar cada uno de los niveles de 400 segundos que no puede ser detenido ni extendido, por lo que no se cumple el requisito 11.2.2.1. Tiempo ajustable.

Además, con la incorporación de un segundo botón que permitía ejecutar dos acciones diferentes al personaje, se popularizó la utilización de combinaciones de botones para realizar saltos en la carrera. Gracias a la utilización en tiempos modernos de los TAS (tool-assisted speedrun), se sabe que Super Mario Bros. no puede ser superado sin esta combinación casi simultánea de botones, a no ser que se fuercen glitches o errores en el videojuego [15]. Pero al no poder cambiar los controles, y que esa combinación de botones pudiera ser efectuada con una sola pulsación, no cumple con el requisito 5.9. Acciones simultáneas del usuario.

4.4 Cuarta generación

La cuarta generación de videoconsolas, también llamada generación de los 16 bits comienza en 1987 con el lanzamiento de la PC Engine. Esta generación está marcada por un gran avance a nivel gráfico y la incorporación del sonido estéreo. Además, algunas de las videoconsolas de la época empezaron a utilizar CD-ROMs como medio de almacenamiento.

En cuanto a la accesibilidad, durante esta generación no se comercializó de manera oficial ningún tipo de dispositivo adaptado. Se trata de un paso atrás con respecto a la anterior generación de videoconsolas, y más teniendo en cuenta que en esta cuarta generación hay una tendencia a aumentar el número de botones en los mandos, lo que provoca que sean más complicados de utilizar para un gran número de personas con discapacidad.

Analizando Super Metroid (1994, Nintendo), esta satisface todos los requisitos de accesibilidad que cumplía Super Mario Bros compartiendo también la carencia del requisito 11.2.2.1. Tiempo ajustable. Sin embargo, si se verifica el 5.9. Acciones simultáneas del usuario ya que no hay ninguna acción del personaje que sea completamente necesaria para finalizar el videojuego que requiera de la pulsación simultanea de dos botones.

Sin embargo, el avance más importante es la incorporación de menús de configuración en los que se permite cambiar el idioma de los textos entre inglés y japonés, y acceder a los submenús de configuración de controles y de configuración especial. El submenú de configuración de controles deja al usuario elegir que botón hace cada una de las acciones disponibles. Por su parte, el submenú llamado Special Setting Mode permite activar opciones que en contexto de los videojuegos se denominan “Quality of Life features”, es decir, características de calidad de vida. Por ejemplo, en la opción Icon Cancel, si se selecciona Auto, al entrar en una nueva habitación, Samus, la protagonista de la obra, se desequipa automáticamente las armas especiales.

La opción de cambiar el idioma es un primer acercamiento al cumplimiento del requisito 11.3.1.1.1. Idioma del software. Para entender esto, primero hay que hacer una breve aclaración. La Super Nintendo fue comercializada internacionalmente con lo que se conoce como bloqueo regional. De esta forma, los videojuegos que salían a la venta en una región solo podían jugarse en videoconsolas de esa misma región. Estas regiones son Japón (NTSC-J), Estados Unidos (NTSC-U) y Europa (PAL). Entre las regiones de Estados Unidos y Japón, la causa que provocaba el bloqueo regional era exclusivamente la forma del plástico del cartucho. Las videoconsolas de las dos regiones son funcionalmente idénticas. Super Metroid, para ahorrar costes, sacó la misma versión del juego en la región japonesa y en Estados Unidos. Debido a que no hay diferencias de hardware entre las dos regiones, el videojuego no era capaz de detectar la región exacta en la que se estaba ejecutando. Por lo tanto, la mejor forma de que los usuarios de las dos regiones pudiesen jugar era habilitando una opción para seleccionar idioma.

En cuanto al remapeo de controles, es una característica que surge en esta generación de videoconsolas, tendrá continuidad en las generaciones posteriores, y permite solventar claramente el requisito 5.9. Acciones simultáneas del usuario en los videojuegos. Se trata de un gran avance en la historia de la accesibilidad en videojuegos.

4.5 Quinta generación

La quinta generación de videoconsolas con la salida al mercado de la FM Towns Marty (Fujitsu, 1993). Los grandes avances tecnológicos que marcan esta generación son la incorporación de gráficos 3D poligonales, la utilización generalizada del formato CD-ROM y la amplia adopción de FMVs (full motion video) que mostraban animaciones prerrenderizadas por ordenador. A nivel de hardware hay un avance en accesibilidad en los mandos de las videoconsolas. En esta generación aparecen los mandos con palancas analógicas o joysticks, que sustituyen o sirven de alternativa a las clásicas crucetas. También surgen los primeros controladores con vibración, función que sirve de feedback a las acciones que realiza el jugador dentro del videojuego.

A nivel de software, gracias a la mayor capacidad de almacenamiento de los CD-ROMs frente a los antiguos cartuchos, y a los grandes presupuestos disponibles en el desarrollo de algunas

obras, se popularizan los videojuegos cuyas historias son narradas a través de las voces de actores de doblaje. Esto supone un gran avance en la accesibilidad para jugadores con problemas de visión. Además, en muchas ocasiones estas voces presentaban subtítulos, lo que satisface el requisito 11.1.2.2. Subtítulos (grabados).

El caso más sobresaliente de videojuego accesible en esta generación aparece en 1997. En este año sale a la venta en Japón Real Sound: Kaze no Regret para la Sega Saturn, el primer videojuego de la historia desarrollado con el objetivo de ser completamente jugable por personas ciegas. Kenji Eno, el creador de esta obra, se inspiró para trabajar con el sonido después de recibir cartas de admiración por sus obras de fans ciegos [16]. Es éste un videojuego que carece de apartado visual, y se desarrolla como una especie de radionovela interactiva. En bifurcaciones clave en la línea de la trama suena el sonido de unas campanillas, lo que sirve al jugador como señal de que debe tomar una decisión que afectará al argumento de la historia. Esta decisión se realiza pulsando los botones del mando de la videoconsola.Además, en la caja de este videojuego se incluían un manual en japonés (esta obra no se comercializó nunca fuera de Japón) y otro en braille, siendo de esta forma uno de los primeros videojuegos que satisface el requisito 12.1.2. Documentación accesible.

El otro gran avance en accesibilidad de esta generación se produce tras las denuncias a compañías desarrolladoras de videojuegos por causar ataques epilépticos con sus obras. A principios de los años noventa se empieza a estudiar el origen de estos ataques. En el año 1994 se publican dos estudios, uno en la revista Pediatrics, perteneciente a la American Academy of Pediatrics y otro en la revista médica británica The Lancet [17]. Estos estudios encontraron que los videojuegos solo causan ataques a personas que ya tenían predisposición a la epilepsia, y que las personas con esta predisposición podían reducir en gran medida el riesgo de sufrir un ataque alejándose más de 3 metros (10 pies) de la pantalla de televisión y llevando gafas de sol mientras jugaban.

Por ello, los videojuegos desarrollados después de 1994 evitan la utilización de formas luminosas parpadeantes, y habilitan una opción para reducir el brillo de la pantalla. Además, los manuales de los videojuegos posteriores a estas publicaciones añaden en sus primeras páginas una advertencia de salud, informando de que los videojuegos pueden provocar ataques a personas con epilepsia fotosensible. En ocasiones, esta advertencia también se añade en las pantallas iniciales de estos títulos.

4.6 Sexta generación

La sexta generación de videoconsolas comienza con la salida al mercado de Dreamcast (Sega, 1998). El gran avance tecnológico que marca esta generación es la incorporación del DVD-ROM, capaz de almacenar videojuegos técnicamente más ambiciosos y de mayor duración. Además, otra característica de esta generación es la incorporación de las primeras videoconsolas que permitían partidas online. En cuanto a la accesibilidad, esta generación resulta completamente continuista con respecto a la anterior. A pesar de que no se producen grandes innovaciones, debe señalarse que durante esta generación no se pierde ninguno de los avances que se habían realizado hasta entonces. Se mantienen las advertencias de salud en los manuales y se siguen respetando características alcanzadas en la quinta generación de videoconsolas, como pueden ser la utilización de subtítulos como alternativa a las conversaciones dobladas, el uso de vibración en el mando o el remapeo de controles.

Quizá la novedad más destacable sea la aparición de tutoriales durante la partida, que facilitan el aprendizaje del jugador, y evitan que se quede atascado. Este tipo de tutoriales o consejos durante la partida se popularizan durante esta generación, apareciendo en prácticamente todos los títulos. Estos consejos se añadían pensando en usuarios que no tuvieran ninguna experiencia previa jugando a videojuegos. Lo más interesante de estos mensajes es que se activan a través de eventos, por lo que siempre sirven de ayuda en el contexto en el que aparecen. La ayuda incluida en el juego Grand Theft Auto: San Andreas. Está totalmente relacionada con el contexto en el que se encuentra el jugador dentro de la partida. También llama la atención otra característica novedosa que prolifera en esta generación, y es la utilización de ayudas visuales para resaltar elementos de pantalla o para guiar al jugador. Estas señales luminosas evolucionarán en las siguientes generaciones hasta convertirse en una característica de accesibilidad absolutamente fundamental para personas con discapacidades visuales.

4.7 Séptima generación

La séptima generación surge en 2005, con el lanzamiento de la Xbox 360 (Microsoft), con videojuegos renderizados de forma nativa en alta definición. Incluso la PlayStation 3 de Sony incorporó el almacenamiento de videojuegos en formato Blu-ray. Todas las videoconsolas de esta generación presentan mandos inalámbricos, en contraposición a los controladores básicos de anteriores generaciones, que debían conectarse por cable a las videoconsolas. Esta característica permite al jugador estar más alejado de la pantalla, lo que aporta versatilidad a estos controles. Sin embargo, el hecho de que los mandos tengan una batería interna o pilas provoca que sean notablemente más pesados, y esto puede incrementar la fatiga en personas con ciertas discapacidades motoras.

Hay que señalar que en esta generación aparece la primera videoconsola que cuenta con características de accesibilidad a nivel de sistema operativo, en septiembre del año 2009 la PlayStation 3 añade una opción de remapeado de controles en la versión 3.1. del PlayStation OS. El gran avance en accesibilidad de esta generación está relacionado con el guardado de partida. Mientras que en las anteriores generaciones de videoconsolas la partida solo podía ser guardada en los llamados “puntos de guardado”, en la séptima generación se extiende el autoguardado y la opción de salvar partida en cualquier momento. Esta característica facilita el avance del jugador, y evita la frustración de tener que repetir largos tramos del videojuego que ya habían sido superados previamente.

Cabe destacar que gran parte de las características de accesibilidad que aparecen en estos primeros años del siglo XXI, como los tutoriales o la opción de guardar partida en cualquier momento, forman parte de lo que se ha llamado “casualización” de los videojuegos. Este fenómeno buscaba ampliar el mercado del

videojuego a nuevos consumidores potenciales, incluyendo en los videojuegos una jugabilidad más asequible y una dificultad más baja, y tratando de evitar que las partidas supusieran al jugador una gran inversión de tiempo [18].

Uno de los videojuegos más aclamados por la crítica en esta generación es uno de los más accesibles de la misma, The Last of Us, desarrollado por la compañía estadounidense Naughty Dog en el año 2013. Entre las características de accesibilidad más novedosas de este videojuego se tiene la alternativa textual a imágenes de texto: a lo largo de la partida, el jugador va encontrando notas de supervivientes. Estas notas son imágenes de texto, con fuentes que imitan la letra manuscrita. Así, se cumple con los requisitos 11.1.1.1. Contenido no textual (funcionalidad abierta) y 11.1.4.5.1. Imágenes de texto (funcionalidad abierta). La otra gran innovación de esta obra es el Modo Escucha, que permite al jugador ver lo que el personaje está escuchando, cumpliendo el requisito 11.1.3.3. Características sensoriales.

4.8 Octava generación

La octava generación de videoconsolas es la primera en salir al mercado tras la aprobación en Estados Unidos de la 21st Century Communications and Video Accessibility Act (2010) y los primeros videojuegos desarrollados con posterioridad a la publicación de la versión 1.1.1. de la norma EN 301 549:2014, por lo que suponen un gran salto en materia de concienciación hacia la accesibilidad. Los avances tecnológicos que marcan esta generación son los gráficos renderizados en Full HD con altas tasas de fotogramas (frame rate), mayor velocidad de procesamiento y capacidades de almacenamiento mejoradas. A nivel de sistema operativo, las videoconsolas de esta generación despliegan gran cantidad de opciones relacionadas con la accesibilidad, como lector de pantalla, zoom, aumento de tamaño de textos, cambio de fuente, textos en negrita, contraste alto, activación de subtítulos, remapeado de controles, etc.

En materia de hardware, esta generación está marcada por la salida al mercado en el año 2018 del Xbox Adaptive Controller. Este mando se caracteriza por sus dos grandes botones circulares, y por la capacidad de conectar una enorme variedad de dispositivos externos adaptados, como interruptores, joysticks, botones, soportes, etc. Estos controles están diseñados para acomodarse a las necesidades de personas dentro de un amplio abanico de discapacidades motoras. De esta forma, por primera vez una persona con discapacidad puede jugar con una mano y un pie, con la mejilla y un hombro o con un dedo y la barbilla, convirtiéndose en el mando adaptado más versátil de la historia.

En los videojuegos también aparece un gran avance en materia de accesibilidad. Una de las innovaciones más importantes de esta generación se puede encontrar en Forza Horizon 5, título desarrollado en el año 2021 por Playground Games. Se trata del primer videojuego de la historia en incorporar intérpretes de lengua de signos, permitiendo seleccionar entre la lengua de signos británica (BSL) y la lengua de signos americana (ASL). Quizá el ejemplo más completo de videojuego accesible se puede encontrar en God of War: Ragnarök, videojuego desarrollado en el año 2022 por Santa Monica Studio, que recibió el premio a la Innovación en Accesibilidad en la ceremonia de los Game Awards de 2022 [19]. Cuando se ejecuta por primera vez el videojuego, aparecen en pantalla dos opciones. La primera opción permite al usuario empezar a jugar rápidamente tras realizar una calibración de la pantalla. La segunda opción permite acceder a los ajustes preestablecidos de accesibilidad. Los textos, tanto de esta pantalla como del resto del videojuego, pueden ser transformados en voz mediante el lector de pantalla.

Los ajustes preestablecidos de accesibilidad están divididos en accesibilidad relacionada con la visión, con la audición, con la reducción de movimiento en pantalla y con discapacidades motoras. Todos estos ajustes preestablecidos tienen dos niveles que puede seleccionar el usuario. El nivel “Algunos” habilita unas pocas características básicas de accesibilidad, mientras que el nivel “Completo” activa un conjunto más grande. Estos ajustes están diseñados con el objetivo de que el jugador no se vea abrumado por una gran cantidad de opciones de accesibilidad al iniciar el videojuego, y pueda iniciar la partida en el menor tiempo posible. En cualquier momento, durante la partida, se puede acceder al menú de accesibilidad y ajustar detenidamente las características de accesibilidad. Cada ajuste viene acompañado de una vista previa, informando al usuario del resultado.

Entre los avances más notables que aparecen en esta generación está la mejora en los subtítulos, en los que se puede habilitar una etiqueta con el nombre del orador, editar el color con el que aparecen los diferentes textos, cambiar el tamaño de los subtítulos o añadir un fondo oscuro, entre otras posibilidades. Además, los subtítulos no solo responden a las conversaciones entre personajes, sino que informan también de sus acciones y de la música que suena en cada momento. También se muestra la dirección en que se encuentran los interlocutores que no aparecen en pantalla a través de flechas.

Otra de las características más innovadora en esta generación es el modo de contraste alto, pudiendo el usuario elegir entre 15 colores para cada elemento importante en pantalla, como el personaje, los compañeros, los enemigos o los objetivos. Además del lector de pantalla, durante la partida se pueden activar señales de audio, que pueden ser sonidos o información hablada, y que sirven para orientar a jugadores con discapacidades visuales. El usuario puede elegir que sonido acompaña a una información en particular, y cambiar su volumen. Un ejemplo de esta característica sería la activación de un sonido cuando el jugador se acerca a una puerta que puede abrir. Para personas que sufren cinetosis, es decir, malestar o mareos causados por efectos visuales de movimiento en pantalla, God of War: Ragnarök habilita opciones como eliminar la vibración de la cámara, eliminar el desenfoque de movimiento o mostrar un punto de manera persistente en el centro de la pantalla.

Finalmente, entre las características de accesibilidad más destacables destinadas a personas con discapacidades motoras, se puede encontrar la asistencia de recorrido, que permite al jugador evitar obstáculos, saltar o descender repisas utilizando para ello solo un joystick. Esto reduce en gran medida el número de pulsaciones de botones que se deben realizar durante la partida. En total, esta obra incorpora noventa ajustes diferentes relacionados con la accesibilidad, todos ellos completamente personalizables.

5 Conclusiones y Trabajo Futuro

La evolución historia de los videojuegos comerciales está jalonada por avances destacados en materia de accesibilidad (ver tabla 1), aunque todavía están muy lejos de ser productos completamente accesibles. La adopción de características enfocadas en la accesibilidad por parte de los videojuegos más populares e influyentes de cada época ha provocado que estos avances se generalicen y adopten por la inmensa mayoría de videojuegos posteriores, independientemente de su presupuesto. Sin embargo, cuando los avances en accesibilidad se han producido en videojuegos de escaso éxito comercial, a pesar de su relevancia, no han tenido continuidad.

A partir del 2010, la publicación de textos normativos en materia de accesibilidad en productos y servicios TIC, tanto en Estados Unidos como en Europa, han acelerado los avances, En este sentido, la Norma EN 301 549 ha sido muy importante para la incorporación de características de accesibilidad en productos y servicios TIC, pero tiene carencias en productos y servicios que son muy novedosos, o que son muy diferentes de los demás (ver Tabla II, análisis particular del videojuego As Dusk Falls). El otro gran problema que presenta es que, debido a su carácter regulatorio, los requisitos no presentan ejemplos prácticos de aplicación, y su vocabulario dificulta el entendimiento de lectores no acostumbrados. Sin embargo, la mera existencia de estas normas también ha aumentado en gran medida la concienciación en los desarrolladores, y se nota una gran mejora objetiva para que los productos y servicios tecnológicos sean cada vez más accesibles. A principios del año 2019, miembros del equipo Microsoft Gaming Accessibility comenzaron la elaboración de las Xbox Accessibility Guidelines (XAGs), y como se muestra en la Tabla II hay importantes diferencias con la EN 301 549, motivadas por la especificidad de las pautas de accesibilidad de Xbox frente al carácter marcadamente general que tiene la norma europea lo cual se podría considerar como un punto de partida para sugerir futuras mejoras.

Tabla 1: Análisis de nivel de accesibilidad para cada generación de videoconsolas

	Hardware	**Software**
Primera generación	X	X
Segunda generación	Salida al mercado del *Atari 2600 Kid's Controller*, el primer mando adaptado de la historia. Creación de los primeros mandos de videoconsola con *trackball.* Primeros controles con botón de pausa. Videoconsola Atari 2600 con interruptor para activar el modo B&W.	Aparición de videojuegos con la "*special feature*", un modo que reducía la dificultad y la velocidad de los estos títulos.
Tercera generación	Primer accesorio hardware diseñado específicamente para jugadores con discapacidad, el *Hands Free Controller.*	X
Cuarta generación	X	Primeros menús de configuración en videojuegos. Nacimiento de las opciones de accesibilidad en videojuegos.
Quinta generación	Mandos con palancas analógicas o *joysticks*. Primeros mandos con función de vibración.	Primeros videojuegos con actores de doblaje y subtítulos. Primer videojuego accesible para personas ciegas. Abandono de la utilización de formas luminosas parpadeantes y avisos de salud en videojuegos.
Sexta generación	X	Popularización de tutoriales en videojuegos. Ayudas visuales para resaltar elementos de pantalla o para guiar al jugador.
Séptima generación	Comercialización de videoconsolas con mandos inalámbricos	Primera videoconsola con características de accesibilidad a nivel de sistema operativo. Uso generalizado de autoguardado y opción de salvar partida en cualquier momento.
Octava generación	Salida al mercado del *Xbox Adaptive Controller*, el mando adaptado más versátil de la historia.	Primer videojuego de la historia en incorporar intérpretes de lengua de signos. Opciones de accesibilidad en videojuegos mucho más numerosas y detalladas.

Tabla II. Análisis del nivel de accesibilidad de *As Dusk Falls*

Pauta de accesibilidad de Xbox	**Requisitos relacionados de la Norma EN 301 549**	**Requisito satisfecho**
101. Visualización de texto	11.1.4.3. Contraste mínimo, 11.1.4.4.1. Cambio de tamaño de texto (funcionalidad abierta), 11.1.4.12. Espaciado del texto	✓
102. Contraste	11.1.4.3. Contraste mínimo 11.1.4.11. Contraste no textual	✓
103. Canales adicionales para señales visuales y de audio	7.1.1. Reproducción del subtitulado, 7.1.4. Características de los subtítulos, 7.1.5. Subtítulos hablados, 7.2.1. Reproducción de la audiodescripción, 11.1.1.1. Contenido no textual (funcionalidad abierta), 11.1.2.1.1. Solo audio y solo vídeo (grabado – funcionalidad abierta), 11.1.2.2. Subtítulos (grabados), 11.1.2.3.1. Audiodescripción o contenido multimedia alternativo (grabado – funcionalidad abierta), 11.1.3.3. Características sensoriales, 11.1.4.1. Uso del color, 11.2.1.5. Audiodescripción (grabada)	✓
104. Subtítulos	7.1.1. Reproducción del subtitulado, 7.1.2. Sincronización del subtitulado, 7.1.3. Preservación del subtitulado, 7.1.4. Características de los subtítulos, 11.1.2.2. Subtítulos (grabados), 11.7. Preferencias de usuario, 12.1.2. Documentación accesible	✓
105. Accesibilidad de audio	11.1.4.2. Control del audio	✓
106. Narración en pantalla	7.2.1. Reproducción de la audiodescripción, 7.2.2. Sincronización de la audiodescripción, 7.2.3. Preservación de la audiodescripción, 11.1.2.1.1. Solo audio y solo vídeo (grabado – funcionalidad abierta), 11.1.2.3.1. Audiodescripción o contenido multimedia alternativo (grabado – funcionalidad abierta), 11.1.3.5.	✓

	Identificación del propósito de entrada, 11.1.4.13. Contenido señalado por el puntero o que tiene el foco, 11.2.1.2. Sin trampas para el foco del teclado, 11.2.1.5. Audiodescripción (grabada), 11.2.4.3. Orden del foco, 11.3.2.1. Al recibir el foco, 11.3.2.2. Al recibir entradas, 11.3.3.2. Etiquetas o instrucciones, 11.4.1.3. Mensajes de estado, 11.5.2.5. Información del objeto, 11.5.2.6. Fila, columna y cabeceras, 11.5.2.7. Valores, 11.5.2.8. Relaciones de etiquetado, 11.5.2.9. Relaciones padre-hijo, 11.5.2.11. Lista de acciones disponibles	
107. Entrada	5.9. Acciones simultáneas del usuario:, 11.2.5.4. Activación mediante movimiento	✓
108. Opciones de dificultad	**X**	✓
109. Claridad del objetivo.	**X**	✓
110. *Feedback* háptico	**X**	✓
111. Audiodescripción	7.2.1. Reproducción de la audiodescripción, 11.1.2.3.1. Audiodescripción o contenido multimedia alternativo (grabado – funcionalidad abierta), 11.2.1.5. Audiodescripción (grabada)	✓
112. Navegación de la interfaz de usuario	11.1.4.4.1. Cambio de tamaño de texto (funcionalidad abierta), 11.1.4.10. Reajuste, 11.1.4.13. Contenido señalado por el puntero o que tiene el foco, 11.2.1.2. Sin trampas para el foco del teclado, 11.2.4.3. Orden del foco, 11.3.2.1. Al recibir el foco, 11.5.2.5. Información del objeto, 11.5.2.6. Fila, columna y cabeceras, 11.5.2.7. Valores, 11.5.2.10. Texto, 11.5.2.11. Lista de acciones disponibles, 11.5.2.12. Ejecución de acciones disponibles, 11.5.2.13. Seguimiento del foco y de los atributos de selección, 11.5.2.14. Modificación del foco y de los atributos de selección, 11.5.2.15. Notificación de cambios, 11.5.2.16. Modificaciones de los estados y propiedades, 11.5.2.17. Modificación de valores y texto	✓
113. Manejo del enfoque de la interfaz de usuario	11.2.4.7. Foco visible	✓
114. Contexto de la interfaz de usuario	11.2.4.4. Propósito de los enlaces (en contexto), 11.3.2.1. Al recibir el foco, 11.3.2.2. Al recibir entradas	✓
115. Mensajes de error y acciones destructivas	11.3.3.3. Sugerencias ante errores	✓
116. Límites de tiempo	11.2.2.1. Tiempo ajustable	✓
117. Distracciones visuales y configuraciones de movimiento	11.2.2.2. Poner en pausa, detener, ocultar	✓
118. Fotosensibilidad	11.2.3.1. Umbral de tres destellos o menos	✓
119. Chat de voz a texto/texto a voz	6.2.1.1. Comunicación de texto en tiempo real, 6.2.1.2. Voz y texto simultáneos	✓
120. Experiencias de comunicación	5.2. Activación de características de accesibilidad	✓
121. Documentación de funciones accesible	12.1.1. Características de accesibilidad y compatibilidad, 12.1.2. Documentación accesible	✓
122. Atención al cliente accesible	12.2.1. General (informativo), 12.2.2. Información en accesibilidad y características de compatibilidad, 12.2.3. Comunicación efectiva	✓
123. Mejores prácticas de salud mental	**X**	✓

AGRADECIMIENTOS

Investigación financiada por CLARA-HD (Computational Linguistic Approaches to Readability and Automatic Satisfaction-PID2020-116001RB-C32) y los proyectos de Innovación Docente 2023-2024 UNED.

REFERENCIAS

[1] Informe Mundial sobre la Discapacidad 2011 de la Organización Mundial de la Salud https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241564182
[2] Mortaloni, A. (1 de octubre de 2021). Xbox Celebrates the Disability Community with New Accessibility Updates. Microsoft. https://news.xbox.com/en-us/2021/10/01/xbox-announces-accessibility-updates/
[3] IGDA, G. (2004). Accessibility in Games: Motivations and Approaches. White paper. International Game Developers Association (IGDA).
[4] Pérez-Castilla Álvarez, L. (2012). Buenas prácticas de accesibilidad en videojuegos.
[5] Powers, G., Nguyen, V., & Frieden, L. (2015). Video game accessibility: A legal approach. Disability Studies Quarterly, 35(1).
[6] EU Web Accessibility Directive — Standards and harmonisation (28 November 2023) https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/web-accessibility-directive-standards-and-harmonisation
[7] Martínez Normand, Loïc (2017). Árbol de decisión para EN 301 549. Monografía (Informe Técnico). E.T.S. de Ingenieros Informáticos (UPM). https://oa.upm.es/45580
[8] Simmons, M. (9 de octubre de 1975). Bertie The Brain programmer heads science council. The Ottawa Citizen. https://news.google.com/newspapers?id=rKYyAAAAIBAJ&pg=916,3790974&dq=josef-kates&hl=en
[9] Bidgoli, H. (Ed.). (2004). The Internet Encyclopedia, Volume 3 (P-Z) (Vol. 3). John Wiley & Sons.
[10] Eddy, B. R. (2012). Classic Video Games: The Golden Age, 1971 - 1984. Shire Books. p. 5. https://archive.org/details/classicvideogame0000eddy/page/n5/mode/2up
[11] Hosch, W.L. (s.f.). Pong Electronic Game. https://www.britannica.com/topic/Pong
[12] United Press International. (4 de febrero de 1983). Boys suffer 'Pac-Man epilepsy'. https://www.upi.com/Archives/1983/02/04/Boys-suffer-Pac-Man-epilepsy/6437413182800/
[13] United Press International. (24 de enero de 1991). Lawsuit claims Nintendo game triggered epileptic seizure. https://www.upi.com/Archives/1991/01/24/Lawsuit-claims-Nintendo-game-triggered-epileptic-seizure/6395664693200/
[14] NesDev Wiki. (s.f.). PPU Palettes. https://www.nesdev.org/wiki/PPU_palettes
[15] TASVideos. (4 de octubre de 2011). Submission #3315: Mars608's NES Super Mario Bros. "warpless+walkathon" in 25:30.05. https://tasvideos.org/3315S
[16] Torres, Ricardo. (Agosto de 2002). And Now for Something Completely Different. GameSpot. https://web.archive.org/web/20050907192055/http://www.gamespot.com/gamespot/features/all/gamespotting/081102/p6_01.html
[17] Next Generation. (Octubre de 1995). Do Video Games Screw You Up? Imagine Media. Página 38. https://countzeroor.com/wp-content/uploads/2020/08/NextGen-10-1995_10-Page-40.jpg
[18] Sarrazin, Vincent. (7 de octubre de 2011). The Casualisation of Video Games. https://web.archive.org/web/20170906195110/http://www.inaglobal.fr/en/video-games/article/casualisation-video-games
[19] The Game Awards (9 de diciembre de 2022). The Game Awards 2022: Official 4K Livestream. https://youtu.be/vl9yakt_5tc?t=10179

Desarrollo de una Aplicación Móvil para la Identificación de Colores en Personas con Daltonismo

Miguel Vidal-Coll
vidalcollmiguel@gmail.com
Universitat de les Illes Balears
Palma, Illes Balears, Spain

Cristina Manresa-Yee
cristina.manresa@uib.es
Universitat de les Illes Balears, Group of Computer Graphics, Computer Vision and IA, Maths and Computer Science Department
Palma, Illes Balears, Spain

ABSTRACT

El daltonismo es un trastorno visual que impide la correcta percepción de los colores, afectando aproximadamente al 8% de los hombres y al 0,5% de las mujeres. Este trastorno, que actualmente no tiene cura, puede ser mitigado con el uso de ayudas visuales tales como gafas especiales y aplicaciones móviles diseñadas para mejorar la discriminación de colores. Sin embargo, muchas aplicaciones realizan un procesamiento de imagen global que puede alterar también la percepción de colores no problemáticos, lo que genera confusión.

En este trabajo se presenta el desarrollo de una aplicación móvil dirigida a personas con daltonismo. La aplicación se compone de dos partes distintas. Por un lado, se implementa el test de colores de Ishihara para permitir a los usuarios descubrir (o confirmar) si presentan daltonismo. Por otro lado, se desarrolla una interfaz de cámara en la que los colores que usualmente causan confusión a las personas con daltonismo son modificados para ser fácilmente distinguibles.

El objetivo es realzar únicamente aquellos colores que puedan causar confusión para su identificación. El sistema dispone de dos modos operativos: un modo de filtro y un modo de escala de grises. En el modo de filtro, sólo las áreas con colores conflictivos se resaltan con un color personalizado, permitiendo una identificación más clara, mientras que el resto de la imagen permanece inalterado. Por otro lado, el modo de escala de grises convierte toda la imagen a escala de grises excepto los colores conflictivos, que se mantienen en su forma original.

La aplicación fue evaluada por 31 personas, de las cuales el 19,35% presentaba daltonismo. El promedio de la puntuación obtenida en el cuestionario SUS (System Usability Scale en inglés) fue de 80,57. Al superar una puntuación de 80, el sistema se clasifica como Excelente según la escala cualitativa, lo cual indica que los participantes consideraron el sistema efectivo, eficiente y satisfactorio de usar .

La aplicación también se comparó con una aplicación comercial similar, *Spectra*, que modificaba los colores de la imagen de forma global. 7 participantes con daltonismo realizaron el test de Ishihara con ambos sistemas. Los resultados en todos los casos mejoraron, con un aumento promedio de 4,85 puntos en el número de respuestas correctas por usuario. Además, al utilizar la aplicación propuesta en este trabajo, en todos los casos el número de respuestas correctas aumentó aún más, generalmente por 2 puntos adicionales. Sin embargo, esta mejora no ocurrió de manera uniforme en todas las cartas.

Existen diversos tipos y grados de daltonismo, por lo tanto, la existencia de un amplio espectro de herramientas y soluciones puede acomodar de forma efectiva diferentes perfiles y necesidades, permitiendo que el usuario elija su solución óptima. El desarrollo de herramientas para el daltonismo no solo avanza nuestro entendimiento de la visión humana, sino que también impulsa la innovación en la creación de entornos y tecnologías más inclusivos que se adaptan a las diversas formas en que las personas perciben el mundo.

KEYWORDS

Daltonismo, app de móvil, identificación colores, evaluación de usabilidad

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por PID2019-104829RA-I00, MCIN/ AEI /10.13039/501100011033, EXPLainable Artificial INtelligence systems for health and well-beING (EXPLAINING).

Interacción'24, Junio 19–21, 2024, A Coruña, España
Texto completo en: https://doi.org/10.1145/3657242.3658600.

Mejora en la Evaluación de la Arquitectura de la Información Mediante Soporte Extendido para la Técnica de Testeo de Árboles

Adrián Callejo Vázquez
Departamento de Ingeniería Informática
Universidad Autónoma de Madrid
Madrid, España
adrian.callejo@estudiante.uam.es

José Antonio Macías Iglesias†
Departamento de Ingeniería Informática
Universidad Autónoma de Madrid
Madrid, España
j.macias@uam.es

ABSTRACT

La técnica de testeo de árboles (t*ree testing*) se utiliza principalmente para evaluar la arquitectura de la información de un sitio web, sin tener en cuenta elementos visuales propios de la interfaz de usuario. La técnica se suele aplicar en etapas tempranas del desarrollo de un sitio web para decidir la navegación de los contenidos, pero también en fases avanzadas o posteriores al desarrollo para evaluar árboles de navegación de aplicaciones web ya existentes. Habitualmente, esta técnica se aplica de forma manual usando tarjetas de papel, sin utilizar ninguna herramienta especializada para ello. Si bien existen algunas soluciones que permiten automatizar parte del proceso del testeo de árboles, estas tienen ciertas carencias que dificultan un análisis más en profundidad para la toma de decisiones. En este artículo se presenta una propuesta de diseño de herramienta que permite aplicar la técnica de testeo de árboles dando soporte a evaluadores y participantes, y mejorando en cierta medida las propuestas existentes en cuanto a capacidad de análisis se refiere. Para ello, se ha realizado un análisis de las herramientas existentes, extrayendo las características principales y planteando posibles mejoras que serán implementadas finalmente en la herramienta propuesta. La funcionalidad de esta herramienta incluirá un mayor número de técnicas estadísticas para mejorar el análisis y la toma de decisiones, entre ellas: árboles de predicción, gráficos de escalado multidimensional y k-medias, gráficos para comparar los resultados de dos o más evaluaciones, nuevas métricas relevantes para el testeo de árboles, y la exportación de resultados a distintos formatos.

CCS CONCEPTS

• Human-centered computing • Interaction design • Systems and tools for interaction design → **User interface design**

†Autor de contacto.

Interacción 2024, Junio 19-21, 2024, A Coruña, España

KEYWORDS

Testeo de Árboles, Arquitectura de la Información, Diseño Centrado en el Usuario, Usabilidad, Herramienta de Evaluación.

1 Introducción

El testeo de árboles o *tree testing* [12] es una técnica perteneciente al campo de la usabilidad web [2, 8, 9], y se utiliza principalmente para evaluar la arquitectura de la información [14, 15, 17] de aplicaciones web. El objetivo principal de esta técnica es aislar el mapa de navegación del sitio web para medir lo fácil que resulta a los usuarios encontrar información específica en él. Para ello, se utiliza una métrica llamada *encontrabilidad* (*findability*) [26]. Es importante mencionar que la técnica elimina uno de los factores más importantes de una aplicación web: el diseño de la página en sí. Esto es importante, ya que, aunque el árbol de contenidos de una aplicación obtenido mediante la técnica de testeo de árboles sea muy bueno, es posible que el diseño de la aplicación modifique la facilidad de navegación en el árbol si se les da cierta prioridad a algunos de los contenidos mediante el diseño gráfico de la aplicación (como, por ejemplo, cambiando el tamaño de la letra o jugando con colores o efectos visuales) [10].

En una prueba de testeo de árboles, se plantean una serie de tareas en las que se le pide al participante buscar un elemento en la estructura del árbol de navegación de una página web a evaluar. Esto requiere que el participante navegue por el árbol, midiendo el evaluador datos relevantes que se generan durante la búsqueda (por ejemplo: eficacia y eficiencia en resolver la tarea de búsqueda, si ha sido necesario retroceder en el árbol, problemas a la hora de navegar, etc.). El principal objetivo de la técnica es observar el recorrido que hacen los participantes en el árbol. De esa forma se puede deducir qué partes del árbol de navegación podrían ser potencialmente problemáticas en cuanto a *encontrabilidad* se refiere. Esto permite, en los casos en los que la técnica se aplica en un momento temprano del desarrollo, hacer cambios en la estructura de contenidos, creando así un mapa de navegación apropiado para contribuir a una mejora en la arquitectura de la información del sitio web. En caso de ser aplicada en etapas posteriores, la técnica se puede utilizar para proponer mejoras sobre

la arquitectura de la información existente de un sitio web, para aumentar su usabilidad.

La técnica del testeo de árboles se suele aplicar manualmente [3], utilizando tarjetas de papel, u otros programas [20], como Excel, que no están pensados para ese propósito y limitan la capacidad de análisis. También, existen diferentes herramientas disponibles que dan soporte a la técnica. Sin embargo, predomina el uso manual de la misma, y la mayoría de las herramientas proporcionan información básica, siendo en general soluciones comerciales que tienen una capacidad estadística limitada, lo que restringe el poder realizar análisis más exhaustivos para la toma de decisiones del diseñador/evaluador de la arquitectura de la información de un sitio web.

En este artículo se presenta, en la Sección 2, un primer análisis de las carencias encontradas en las herramientas más utilizadas para el testeo de árboles. Posteriormente, en la Sección 3, se dan algunas ideas de diseño de una herramienta de soporte para mejorar el análisis en el testeo de árboles. Finalmente, en la Sección 4 se aportan conclusiones y líneas de trabajo futuro.

2 Soporte para el Testeo de Árboles

Para obtener los requisitos funcionales mejorados de la herramienta a desarrollar [16], se hizo primeramente un análisis competitivo de las herramientas más utilizadas en la actualidad [21], a través de un análisis DAFO [7]. Los criterios para evaluar dichas herramientas fueron son los siguientes:

- Funcionalidad general proporcionada.
- Métricas utilizadas para obtener los resultados.
- Capacidad de extraer automáticamente el mapa del sitio web.
- Capacidad de gestionar distintas evaluaciones y almacenar sus resultados.
- Capacidad de trabajar con métodos estadísticos avanzados que permitan comparar resultados y mejorar la toma de decisiones.

En concreto, las herramientas analizadas fueron las siguiente: Treejack (Optimal Workshop) [13], UXTweak [25], UXArmy [24], Userlytics [22], UserZoom [23] y C-Inspector [4].

De manera resumida por cuestiones de espacio, y una vez analizadas todas las herramientas en base a las premisas enumeradas anteriormente, se llega a la conclusión de que todas ellas presentan una funcionalidad similar, incluyendo métricas estándar como la *direccionalidad*, el *tiempo* (en completar cada tarea) o el *porcentaje de éxito* (en completar una tarea), y proporcionando visualizaciones gráficas enriquecidas como los *árboles circulares*. En general, no existen diferencias significativas a la hora de utilizar una u otra (en términos de la información que proporcionan). Sin embargo, gran parte de las herramientas evaluadas no utilizan métodos estadísticos más amplios ni permiten la comparación de diferentes estudios (árboles) en base a métricas más avanzadas. Por otro lado, no permiten extraer los árboles de navegación directamente. La única excepción es la herramienta UXtweak, que permite extraer el árbol de contenidos de páginas existentes, pero estos árboles deben tener una cierta estructura para que el método funcione bien, por lo que puede ser problemático si el sitio web tiene una estructura demasiado compleja.

3 Herramienta Propuesta

En base al análisis anterior, se propone el diseño de una nueva herramienta que permita cubrir funcionalidades no contempladas, o implementadas de manera menos completa y expresiva, en las herramientas analizadas, pero que sin embargo han demostrado ser útiles para el análisis de resultados en el testeo de árboles [11]. Estas son:

- *Métrica L* (*lostness*) o *pérdida*, *confianza* (*confidence*) y SEQ (*Single Ease Question*) [18, 19] en valores porcentuales para las tareas finalizadas. Por un lado, la Métrica L se utiliza como medida de eficiencia, donde un valor cercano al 100% indica que los participantes están muy perdidos y tienen problemas para encontrar lo que buscan, y un índice cercano a 0 indica que los participantes encuentran lo que quieren con relativa facilidad. Este valor se debe calcular para cada tarea, proporcionando información relevante sobre su realización. Por otro lado, la confianza indica el grado de seguridad que tienen los participantes en haber completado una tarea, medido en una escala de valoración de siete puntos una vez que el participante ha completado cada una. Por otro lado, SEQ se utiliza para evaluar el grado de dificultad que los participantes encuentran en una tarea, medido en una escala de valoración de siete puntos al final de cada una. Los cálculos se mostrarán junto con el correspondiente intervalo de confianza del 95%, y se darán distintas posibilidades de visualización, como por ejemplo una tabla con las tareas más fáciles y las más difíciles, así como un gráfico con la correlación entre las distintas variables mencionadas.
- Análisis de *etiquetas poco atractivas* [12], que representan aquellas que no captan convenientemente la atención de los participantes, representando menos del 20% de la selección correcta en una tarea de evaluación de un árbol.
- Smacof MDS (Multidimensional Scaling) [1], que nos permite representar cómo se agrupan las variables de respuesta (*tiempo*, *acierto*, *pérdida*, *confianza* y SEQ) en un espacio bidimensional, para estudiar patrones y similitudes entre tareas.
- Análisis de conglomerados *k-means* [5], que nos permite analizar patrones y similitudes entre tareas. Se realizará una representación gráfica mediante PCA (Principal Component Analysis), tomando las dos dimensiones que explican la mayor parte de la varianza para establecer clústeres de tareas (utilizando el *tiempo*, *éxito*, *pérdida*, *confianza* y SEQ).
- Árboles de decisión [6], que nos permitirán crear reglas de predicción para mejorar la toma de decisiones. Se distinguirán dos casos:
    - Variable de respuesta: *facilidad percibida* (SEQ). Variables predictoras: *éxito*, *tiempo*, *pérdida*, edad,

sexo, años de experiencia en evaluación y domino del usuario.
    - Variable de respuesta: confianza. Variables predictoras: *éxito*, *tiempo*, *pérdida*, edad, sexo, años de experiencia en evaluación y domino del usuario.
- Gráficos comparativos para comparar y exportar diferentes estudios/árboles en base al *éxito*, *pérdida*, *confianza*, SEQ y *calidad del etiquetado*. La calidad del etiquetado permite identificar variaciones de etiquetado en el estudio de diferentes árboles, mostrando los nodos en los que difieren los árboles seleccionados. Además, se proporcionarán gráficos circulares para comparar el porcentaje de *atractores malignos* (que llevan al usuario por un camino incorrecto en el test) y *etiquetas poco atractivas* para cada estudio/árbol.

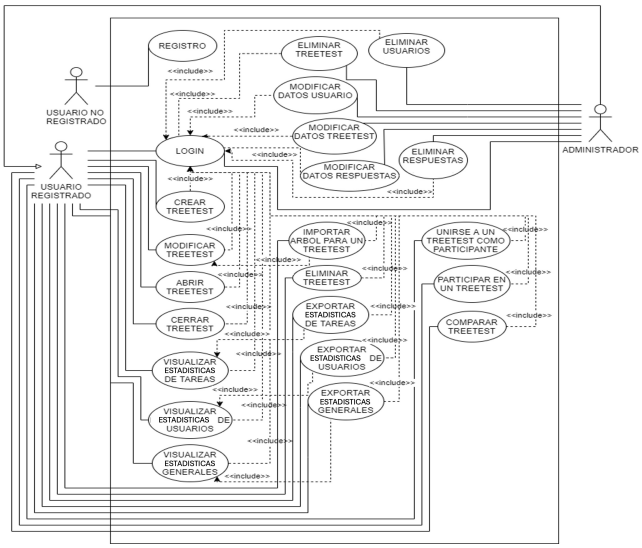


Figura 1. Diagrama de Casos de Uso de la herramienta para implementar la técnica de testeo de árboles.

Respecto a funcionalidad más general (ver Figura 1), la herramienta será concebida como una aplicación web multiplataforma, cuyo propósito principal sea permitir la creación y participación en el testeo de diferentes árboles web. La idea es que los evaluadores puedan aportar el árbol a evaluar. Para ello, pueden editarlo manualmente nodo a nodo o pueden importarlo a partir de un sitio web existente. Esto se puede hacer, bien a partir de los enlaces incluidos en el mapa del sitio web o bien a través de su estructura de enlaces. Una vez creado el árbol, los evaluadores pueden añadir tareas de evaluación al estudio para encontrar un ítem concreto en la estructura del sitio web. Estas tareas consisten en un enunciado y en un nodo solución. De forma opcional, los evaluadores pueden añadir preguntas abiertas al estudio y editar los mensajes que se muestran a los participantes al principio y final de este. Una vez terminado el árbol y las tareas de evaluación, los evaluadores pueden abrir la evaluación para que actúen los participantes. Una vez concluidas todas las intervenciones de los participantes, los evaluadores pueden visualizar los resultados y estadísticas planteadas, para tener una mejor información y ayudar a la toma de decisiones sobre el sitio web evaluado. Finalmente, un usuario administrador tendrá acceso a todos los datos generados en la aplicación.

La implementación concreta se llevará a cabo a partir de dos componentes principales:
- *Frontend*: que incluirá las páginas web de la aplicación y su funcionalidad. Se corresponde con la parte de la herramienta con la que interactúan los usuarios.
- *Backend*: Incluye el servidor web, que maneja las peticiones del navegador, así como la base de datos, para lo que se usará el sistema gestor PostgreSQL.

Por otro lado, para el desarrollo de la herramienta se utilizarán diferentes tecnologías, desde el propio framework utilizado para el desarrollo web, hasta las librerías necesarias para desarrollar la funcionalidad de la herramienta. Se citan algunas en base a su relevancia técnica para la implementación:
- HTML y CSS: Dado que la herramienta se implementará como una aplicación web, es necesario utilizar HTML y CSS para definir las páginas con las que interactúan los usuarios.
- Django: Framework utilizado para el desarrollo de aplicaciones web con Python. Permitirá definir la mayoría de los aspectos de la aplicación, como, por ejemplo: los enlaces que reconoce la aplicación, la funcionalidad y los modelos de datos. Django también incluye un lenguaje de *template* con el que se facilitan algunas tareas, como incluir datos y lógica de la aplicación en la vista o utilizar archivos HTML heredados.
- Bootstrap: Framework CSS que se utilizará en la parte de *templates* para mejorar el aspecto y la interacción.
- JavaScript y JQuery: Dado que la parte del navegador necesitará de cierta funcionalidad, se utilizará JavaScript y su versión JQuery para simplificar partes del código JavaScript.
- BeautifulSoup: Librería de Python a utilizar en el proceso de extracción del árbol de un sitio web. Permite procesar los diferentes elementos de una página HTML con facilidad.
- Requests: Librería de Python utilizada para manejar el envío y recepción de peticiones HTTP a otras páginas para extraer el árbol de ellas.
- Matplotlib: Librería de Python para generar los gráficos utilizados en la parte de estadísticas de la herramienta.
- MPLD3: Librería de Python, complementaria a Matplotlib, permitiendo que los gráficos generados sean interactivos.
- Sklearn: Librería de Python utilizada para generar los árboles de predicción utilizados en la parte de estadísticas.
- Ultimate-Sitemap-Parser: Librería de Python para obtener los enlaces del mapa de un sitio web.
- NumPy: Librería de Python a para realizar operaciones sobre los datos y generar estadísticas.
- Pandas: Librería de Python para realizar operaciones sobre tablas de datos en la parte de generación de estadísticas.
- SciPy: Librería de Python con funciones matemáticas a utilizar en la parte de cálculo de estadísticas.

- Seaborn: Librería de Python complementaria a Matplotlib, a utilizar en algunos de los gráficos de la parte de estadísticas.
- Cloudinary: Proporciona un servicio de administración de imágenes a utilizar en la aplicación.

4 Conclusiones

El testeo de árboles es una técnica importante para el diseño y evaluación de sitios web que, sin embargo, ha tenido hasta el momento poca visibilidad. Este artículo pretende poner de relieve la citada técnica mejorándola a partir de la propuesta de diseño de una herramienta enfocada al evaluador de la arquitectura de la información de sitios web. La herramienta será útil para aquellos evaluadores que quieran ir más allá de la mera observación de la navegación, aportando estadísticas y visualizaciones gráficas avanzadas, tanto individuales como comparativas, que mejoren la comprensión de los datos y faciliten la obtención de nuevo conocimiento mediante técnicas predictivas, que permitan incluso profundizar en el modelo mental del usuario durante una *investigación con usuarios*.

Para elaborar la herramienta se ha realizado un estudio previo de la bibliografía y de las herramientas existentes en el mercado, y se han encontrado algunas carencias importantes que serán cubiertas con la nueva herramienta, lo que permitirá utilizarla para testar nuevos sitios web u otros ya existentes, siendo una alternativa a otras herramientas al explotar no sólo información básica sobre el testeo de árboles, sino detalles avanzados para ir más allá y comparar métricas de relevancia. Esto se puede obtener gracias a las técnicas avanzadas de visualización, estadística y aprendizaje automático a implementar en la herramienta ideada.

En cuanto a trabajo futuro, se espera realizar una implementación en base a la arquitectura y tecnologías presentadas. Se realizará también una evaluación tanto con usuarios evaluadores como participantes para medir el grado de usabilidad de la herramienta. Además, se prevé integrar la herramienta con otras relacionadas con la técnica *card sorting*. Dada la relación entre estas dos técnicas (*tree testing* también suele denominarse como *card sorting inverso*), podrían combinarse de modo que el árbol pueda generarse utilizando la técnica *card sorting* y luego evaluarse con la herramienta de testeo de árboles.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido subvencionada a través de los proyectos de investigación TED2021-129381B-C21 y PID2021-122270OB-I00, ambos de la Agencia Estatal de Investigación.

REFERENCIAS

[1] Ingwer Borg, Patrick J.F. Groenen, and Patrick Mair. 2018. *Applied Multidimensional Scaling and Unfolding*. Springer International Publishing, Cham. Retrieved from http://www.springer.com/series/8921 http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-73471-2

[2] Luis Cayola and José Antonio Macías. 2018. Systematic guidance on usability methods in user-centered software development. *Information and Software Technology* 97, (2018), 163–175. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2018.01.010

[3] Hwayoung Cho, Po-Yin Yen, Dawn Dowding, Jacqueline A. Merrill, and Rebecca Schnall. 2018. A multi-level usability evaluation of mobile health applications: A case study. *Journal of Biomedical Informatics* 86, (October 2018), 79–89. https://doi.org/10.1016/j.jbi.2018.08.012

[4] C-Inspector. 2024. C-Inspector. Retrieved February 14, 2024 from http://www.c-inspector.com/

[5] Pasi Fränti and Sami Sieranoja. 2018. K-means properties on six clustering benchmark datasets. *Appl Intell* 48, 12 (December 2018), 4743–4759. https://doi.org/10.1007/s10489-018-1238-7

[6] Carl Kingsford and Steven L Salzberg. 2008. What are decision trees? *Nat Biotechnol* 26, 9 (September 2008), 1011–1013. https://doi.org/10.1038/nbt0908-1011

[7] Doug Leigh. 2010. SWOT Analysis. In *Handbook of Improving Performance in the Workplace: Volumes 1-3*, Kenneth H. Silber, Wellesley R. Foshay, Ryan Watkins, Doug Leigh, James L. Moseley and Joan C. Dessinger (eds.). John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA, 115–140. https://doi.org/10.1002/9780470592663.ch24

[8] José Antonio Macías. 2008. Intelligent assistance in authoring dynamically generated Web interfaces. *World Wide Web* 11, 2 (2008), 253–286. https://doi.org/10.1007/s11280-008-0043-3

[9] José Antonio Macías. 2012. Enhancing interaction design on the semantic web: A case study. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part C: Applications and Reviews* 42, 6 (2012), 1365–1373. https://doi.org/10.1109/TSMCC.2012.2187052

[10] José Antonio Macías, Toni Granollers, and Pedro Latorre Andrés. 2009. *New trends on human-computer interaction: Research, development, new tools and methods*. Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-1-84882-352-5

[11] MeasuringU. 2024. MeasuringU. Retrieved February 14, 2024 from https://measuringu.com/

[12] Dave O'Brien. 2024. Tree Testing for Websites. Retrieved February 14, 2024 from https://treetesting.atlassian.net/wiki/spaces/TTFW/overview?homepageId=163851

[13] Optimal Workshop. 2024. Optimal Workshop. *Optimal Workshop*. Retrieved February 14, 2024 from https://www.optimalworkshop.com/

[14] Luis A. Rojas and José A. Macías. 2013. Bridging the gap between information architecture analysis and software engineering in interactive web application development. *Science of Computer Programming* 78, 11 (November 2013), 2282–2291. https://doi.org/10.1016/j.scico.2012.07.020

[15] Luis A. Rojas and José A. Macías. 2015. An Agile Information-Architecture-Driven Approach for the Development of User-Centered Interactive Software. In *Proceedings of the XVI International Conference on Human Computer Interaction*, September 07, 2015. ACM, Vilanova i la Geltru Spain, 1–8. https://doi.org/10.1145/2829875.2829919

[16] Luis Alberto Rojas and José Antonio Macías. 2019. Toward collisions produced in requirements rankings: A qualitative approach and experimental study. *Journal of Systems and Software* 158, (2019). https://doi.org/10.1016/j.jss.2019.110417

[17] Louis Rosenfeld and Peter Morville. 2001. *Information Architecture for the World Wide Web, 3rd Edition - O'Reilly Media*.

[18] Jeff Sauro. 2024. Measuring User Confidence in Usability Tests. Retrieved February 14, 2024 from https://measuringu.com/measuring-confidence/

[19] Tomer Sharon. 2016. The Complete Guide to Measuring Lostness. Retrieved February 14, 2024 from https://medium.com/art-marketing/the-complete-guide-to-measuring-lostness-c890cc71fe05

[20] Donna Spencer. 2010. *A Practical Guide to Information Architecture*. Penarth.

[21] Tree-testing.com. Best treetesting software tools. *Tree Testing*. Retrieved April 5, 2024 from https://www.tree-testing.com/best-tree-testing-tools/

[22] Userlytics. 2024. Userlytics. Retrieved February 14, 2024 from https://www.userlytics.com/

[23] UserZoom. 2024. UserZoom. Retrieved February 14, 2024 from https://www.userzoom.com/

[24] UXArmy. 2024. UXArmy. Retrieved February 14, 2024 from https://www.uxarmy.com/

[25] UXTweak. 2024. UXTweak. Retrieved February 14, 2024 from https://www.uxtweak.com/

[26] Kathryn Whitenton. 2024. Tree Testing: Fast, Iterative Evaluation of Menu Labels and Categories. *Nielsen Norman Group*. Retrieved February 14, 2024 from https://www.nngroup.com/articles/tree-testing/

Heuristic Evaluation of MetaViz: Insights and Strategic Recommendations to Elevate User Experience in an Automated Data Visualization Platform

Andrea Vázquez-Ingelmo
GRIAL Research Group
University of Salamanca
Salamanca, Spain
andreavazquez@usal.es

Alicia García-Holgado
GRIAL Research Group
University of Salamanca
Salamanca, Spain
aliciagh@usal.es

Paula Hernández-García
GRIAL Research Group
University of Salamanca
Salamanca, Spain
phg@usal.es

Francisco José García-Peñalvo
GRIAL Research Group
University of Salamanca
Salamanca, Spain
fgarcia@usal.es

Roberto Therón
GRIAL Research Group
University of Salamanca
Salamanca, Spain
theron@usal.es

ABSTRACT

En la era de los macrodatos, las herramientas eficaces de visualización de datos son esenciales para descifrar información compleja en numerosos ámbitos. Este artículo evalúa MetaViz, una novedosa herramienta de visualización diseñada para abordar la brecha entre los principios teóricos y la aplicación práctica en la visualización de datos.

MetaViz emplea un marco de arquitectura basada en modelos (MDA) para facilitar la creación intuitiva y eficiente de cuadros de mando, con el objetivo de mejorar los procesos de toma de decisiones al permitir a los usuarios generar visualizaciones dinámicas y perspicaces.

A través de una evaluación heurística, este estudio identifica problemas críticos de usabilidad en MetaViz, incluyendo desafíos en la interacción con el usuario, el diseño de la interfaz y la navegación.

Las mejoras propuestas se centran en el perfeccionamiento de los mecanismos de retroalimentación de la herramienta y el diseño de la interfaz para fomentar una comprensión más profunda de los principios de visualización de datos entre los usuarios.

El artículo concluye con una serie de reflexiones sobre el impacto potencial de estas mejoras en la experiencia de uso y la eficacia de la herramienta a la hora de navegar por escenarios con datos complejos involucrados.

CCS CONCEPTS

• Human-centered computing → Heuristic evaluations; Interactive systems and tools; User interface design; • Software and its engineering → Model-driven software engineering.

KEYWORDS

Metamodelo, Visualización de datos, Instanciador gráfico, Evaluación heurística, HCI

Accessibility

Test Learning Braille App:
A haptic tool for Braille learning

José Luis López Rodríguez†

Departamento de Tecnología Electrónica. Universidad de Málaga. Málaga, España. josel.lopez@uma.es

Fco. Javier González Cañete.

Departamento de Tecnología Electrónica. Universidad de Málaga. Málaga, España. fgc@uma.es

Antonio Díaz Estrella

Departamento de Tecnología Electrónica. Universidad de Málaga. Málaga, España. adiaz@uma.es

INTERACCION 2024, June 19–21, 2024, A Coruña, Spain. Texto completo en: https://doi.org/10.1145/3657242.3658677

Braille es el sistema de codificación mundial utilizado para leer y escribir por personas con discapacidad visual. Sin embargo, aprender Braille es una tarea difícil de abordar. La forma didáctica actual de aprender este idioma se basa en la memorización de series numéricas asociadas a cada letra, número o símbolo. Dada la dificultad que algunas personas tienen con este sistema didáctico, este artículo propone una forma diferente de aprender Braille. Para ello se ha desarrollado una aplicación móvil basada en dispositivos tableta. Esta aplicación está apoyada en un reloj inteligente, cuya misión es ejecutar patrones de vibración cuando se toca un símbolo Braille sobre una lámina de vinilo con los símbolos Braille ubicados en la pantalla de la tableta. Esta asociación, símbolo + patrón de vibración, se llama Tacton. Por ello, el objetivo de la propuesta es asociar los símbolos Braille a un Tacton, en lugar de a una sucesión numérica para facilitar su aprendizaje.

Las Mesas Interactivas Tangibles como herramientas inclusivas para la educación patrimonial en museos

Adriane Borda
Dpto. Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Pelotas. Grupo de Ensino/aprendizagem de Gráfica Digital (GEGRADI). Brasil
adribord@hotmail.com

Eva Cerezo
Dpto. Informática e Ingeniería de Sistemas. Universidad de Zaragoza. Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A). España
ecerezo@unizar.es

Sandra Baldassarri
Dpto. Informática e Ingeniería de Sistemas. Universidad de Zaragoza. Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A). España
sandra@unizar.es

RESUMEN

Se muestran aquí tres experiencias llevadas a cabo con una mesa interactiva tangible como herramienta inclusiva de educación patrimonial. Con las experiencias se trató de apoyar acciones de extensión universitaria relacionadas con exposiciones del Museu do Doce, en Pelotas, Brasil. Los temas de las exposiciones fueron tratados a partir de las posibilidades de manipulación que ofrece la mesa de forma que los modelos físicos se asocian con estímulos visuales y sonoros, con textos, imágenes y audio descripciones, las cuales facilitan establecer relaciones intergeneracionales y la inclusión de un público diverso y plural. Las experiencias muestran la potencialidad de las interacciones sobre las mesas para la interpretación del patrimonio, como proceso de comunicación y sincronismo entre pasado, presente y futuro, permitiendo generar un continuo entre la comprensión, la apreciación y la protección.

CCS CONCEPTS

• Human-centered computing · Human Computer interaction
· Interactive systems and tools

KEYWORDS

Mesas interactivas, interacción tangible, educación patrimonial, inclusión

ACM Reference format:

Interacción'24, Junio 19-21, 2024. A Coruña, España

1 Introducción: tangibilidad y educación patrimonial en museos

Los museos asumen las funciones sociales de apoyar la educación y contribuir a la preservación y conservación de la cultura. Cada vez más, este tipo de instituciones ya no son sólo un espacio de contemplación. En sus orígenes, los museos presentaban colecciones privadas, con objetos curiosos expuestos detrás de cristales, que requerían exclusivamente estimulación visual [1]. Para que no haya exclusión social, debe haber igualdad de condiciones a la hora de interactuar con lo que se muestra, respetando las diferencias sensoriales de los visitantes [2][3][4].

En [5][6] y [7] se encuentra soporte teórico para comprender el concepto de experiencia de usuario, el cual sustenta las áreas de diseño de interacción y diseño inclusivo. Estas áreas, impregnadas de tecnologías, apoyan el desarrollo de exposiciones que brinden experiencias divertidas, simples, fáciles, interesantes y accesibles, para que los visitantes puedan comprender rápidamente el contenido cubierto [8].

Las mesas tangibles permiten formas de interacción más naturales y sociales, ya que sus superficies (analógicas) son adecuadas para el desarrollo de aplicaciones colaborativas, además de utilizar el sentido visual, implican tocar y manipular diversos elementos físicos en el proceso de interacción [9]. Esta herramienta permite un diseño inclusivo, como se ha demostrado en [10] y se ha aplicado a la educación patrimonial [11][12][13].

A partir de estas premisas, se puso a disposición una mesa interactiva tangible en el Museu do Doce, basada en el mismo sistema descrito en [10].

Este Museo está ubicado en la ciudad de Pelotas, en el sur de Rio Grande do Sul, Brasil, bajo la responsabilidad de la Universidad Federal de Pelotas, y se constituye como un espacio para resaltar la inseparabilidad entre docencia, investigación, extensión e innovación. El edificio que alberga el Museo fue reconocido en 1977 por el Instituto del Patrimonio Histórico y Artístico Nacional (IPHAN) como bien cultural de Brasil, lo que significa que la narrativa de la casa misma y su arquitectura también son objetos de la colección del Museo.

En este artículo, en los siguientes apartados, se da cuenta de tres de las experiencias realizadas con la mesa tangible como soporte de las exposiciones del Museo. Posteriormente, en el apartado 5, concluimos con los principales resultados para señalar mejoras necesarias en las aplicaciones desarrolladas.

2 Exposición “Atualegoria”: interacción espontánea y grupal

Se diseñaron un conjunto de recursos lúdicos para apoyar la presentación de la obra “Alegoria, Sentido e Espírito da Revolucion Farroupilha” (1925), de Helios Seelinger, en la sala principal del Museo, de mayo de 2022 a diciembre de 2023. La exposición contó con textos que contextualizaron el momento histórico de producción de la obra, y juegos tipo rompecabezas sobre la imagen

del cuadro, adaptados para particularizar los elementos significativos de la obra y promover su interpretación. Para ello, cada pieza fue reproducida en varias versiones, cada una con colores diferentes a los que aparecen en la escena pintada, para provocar una reflexión sobre cuestiones raciales (mostrando individuos de distintas razas) y político-sociales (distintos estatus). Las piezas son bidimensionales y, lógicamente, requieren del sentido de la vista para ser seleccionadas y encajadas. Sin embargo, con objeto de mejorar la accesibilidad del juego las piezas a colocar sobre la mesa tangible se les asoció una audio-descripción. Tres investigadores hicieron de observadores, a lo largo de una semana, durante las visitas a la sala con la mesa tangible interactiva, con un total de 80 visitantes de distintas edades (incluyendo grupos de niños). Las imágenes de la Figura 1 permiten comprender la dimensión de la obra, el ambiente donde estuvo la mesa (destacado en rojo sobre el plano) y el tipo de piezas físicas para accionar la interacción con la interfaz digital.

Figura 1: ilustraciones sobre la Exposición “Atualegoria”

Interactividad espontánea y grupal

Sólo tres usuarios, del total de la muestra observada, se dirigieron directamente a interactuar con la mesa tangible, siendo la gran mayoría de los visitantes los que se dirigieron en primer lugar a contemplar el cuadro expuesto, de considerables dimensiones y principal objeto expuesto en la sala. Alrededor del 70% de las personas que entraron en la sala durante el periodo observado interactuaron con la mesa tangible, la mayoría siguiendo el siguiente orden de visualización de los elementos de la sala: contemplar el cuadro, leer los paneles con texto descriptivo y, por último, interactuar con la mesa.

La mayoría de los usuarios intentaron utilizar la interacción táctil directamente sobre la mesa, por analogía más cercana a su uso cotidiano, que son las interacciones táctiles y multitáctiles en sus smartphones. Cuando se dieron cuenta de que no funcionaba inicialmente, algunos usuarios leyeron las instrucciones de la mesa, mientras que otro grupo se dio cuenta de la relación entre las piezas dispuestas al lado de mesa para la interacción (piezas de puzzle). Cuando la utilizaban grupos de usuarios, la interacción se producía de forma colaborativa, normalmente colocando cada miembro del grupo una pieza cada vez. Algunos usuarios se quejaron de que el sonido era demasiado bajo para las conversaciones de grupos más grandes en la sala al mismo tiempo.

Accesibilidad

La mesa se mostró relevante para las personas con discapacidad visual, ya que las piezas activan una audio-descripción de los elementos del cuadro expuesto. Una usuaria con baja visión afirmó que pudo, gracias a esta experiencia de uso de la mesa, tener una "visión" completa del cuadro que tenía delante: "Creo que podría haber más mesas como ésta. Veo muy poco con un ojo y soy ciega del otro, pude entender la obra sólo a través de esta tecnología de aquí, las piezas recortadas de la representación eran fáciles de manipular porque podía cogerlas con la mano y acercarlas al ojo que veo y cuando las ponía sobre la mesa la descripción me ayudaba a entender mejor el cuadro." Por otra parte, se destaca que en el diseño del juego se contempló la diversidad cultural y social, realizando piezas de diferentes colores para representar distintas razas y condiciones sociales.

3 Exposición “minha casa, meu casarão: diálogo intergeneracional

En Brasil existe un programa del gobierno federal titulado “Minha Casa, Minha Vida”, destinado a resolver el déficit de vivienda para la población de bajos ingresos. Las acciones de extensión buscan establecer un diálogo entre la universidad y los colectivos de usuarios de viviendas sociales para contribuir al desarrollo de políticas públicas que atiendan este tipo de demanda. La mesa tangible, junto con juegos físicos, se utilizaron como espacio de diálogo para que niños, padres y abuelos participaran de forma lúdica y educativa. Se generaron tres juegos (ver Figura 2): uno físico, para entrenar en la lectura de planos arquitectónicos, con representaciones físicas de los muebles de una vivienda y que incluye recursos para el dibujo (Figura 2: A, B y C); y dos tangibles, uno para el reconocimiento de las funciones originales de las salas de la mansión que alberga el Museu do Doce (Figura 2.D), con su uso ilustrado en la Figura 2.F, y otro para establecer relaciones entre las áreas de los ambientes de la mansión y el área total de vivienda de 1, 2 y 3 habitaciones (Figura 2.E) con el objetivo de concienciar a las personas sobre la posibilidad de poner una vivienda entera en cada una de las salas de la mansión.

Las observaciones de este experimento están actualmente siendo sistematizadas en términos cuantitativos. Sin embargo, ya ha sido posible observar la calidad del diálogo que se establece entre los participantes sobre en torno a la promoción de proyectos de reutilización de edificaciones históricas para fines de viviendas sociales. Las observaciones apoyan la hipótesis de partida en cuanto a que la manipulación de las representaciones facilitó el diálogo. En concreto, el uso de la mesa generó diálogos espontáneos entre los participantes acerca de las diferencias de escala entre la casa que viven y la mansión. Durante la visita, se retomó el tema de la adecuación de edificaciones históricas para fines de viviendas sociales tratado con los juegos físicos. La manipulación de los planos arquitectónicos de las viviendas sociales para rellenar los espacios de la mansión facilitó la comprensión del reúso y la diferencia de escala entre esas viviendas y la mansión. En general, la experiencia generó aprendizajes

significativos sobre la historia de la mansión, sobre su significado como modelo de vivienda de otra clase social y en reflexiones sobre las soluciones habitacionales de las políticas públicas de vivienda.

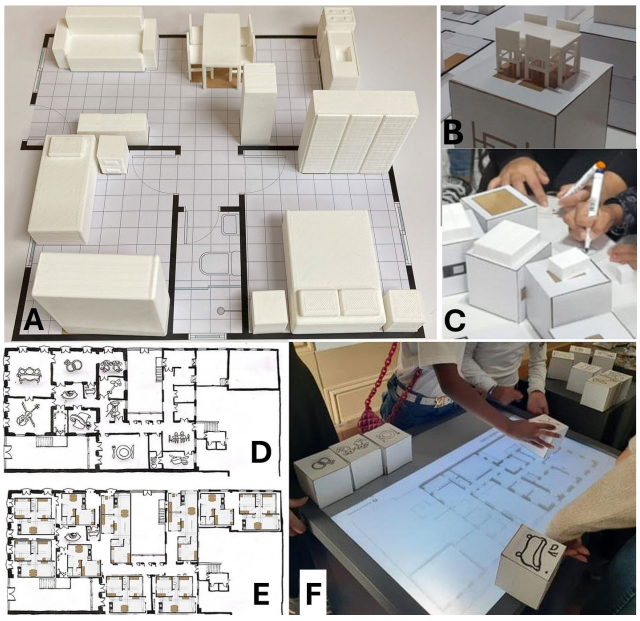


Figura 2: Juego físico (A, B y C) y tangibles (D y E) de la Exposición "minha casa, meu casarão". F: usuarios de viviendas sociales utilizando el juego D

Interactividad intergeneracional

Durante el desarrollo de la experiencia, se observó que los juegos físicos promovieron el diálogo entre las tres generaciones, de manera colaborativa, para entender la lógica proyectiva para el dibujo de los muebles y la lectura de los planos arquitectónicos. Sin embargo, en el caso del juego en la mesa tangible la actividad intergeneracional espontánea no se repitió. En este caso, los menores se pusieron a probar rápidamente la conexión de los dibujos con los ambientes, mientras que los demás se quedaron pasivos alrededor. La hipótesis de este comportamiento ha sido que el juego no era muy complejo para la edad de los niños, por lo que no necesitaron de ayuda. Además, se deduce que la dinámica lúdico-digital indujo a que los mayores dejaran que los menores de edad tomaran la iniciativa.

4 Exposición temporal "Casarão na palma da mão": diseño participativo

Esta exposición supone un avance en la estrategia de construcción de una narrativa tangible, de continuidad entre un mapa táctil y los recursos que permiten contar de manera táctil la forma de la mansión que alberga el Museu do Doce. Se pretende facilitar al visitante, de manera lúdica y con autonomía, la interpretación de las figuras representadas en los techos de la mansión. Estas figuras hacen referencia a las funciones de los ambientes, por ejemplo, en el comedor se halla la representación de una mesa puesta, con ilustraciones del tipo de comida que la familia consumía en el día a día, con animales de caza, pesca y con todo tipo de frutas. Además de la comprensión de la distribución espacial, se busca auxiliar en la percepción de las proporciones de los elementos constructivos en relación con la figura humana, así como entre los tipos de ambientes.

Durante la Semana del Patrimonio de Pelotas, en agosto de 2023, se probaron los recursos en la mesa tangible, ilustrados en la Figura 3. La mesa estaba situada al final del trayecto de la visita al Museo, marcado en azul sobre el plano arquitectónico en la Figura 3A. Sobre este plano se pueden observar también, en rojo, todos los ambientes que están representados en su volumetría, que accionan la interacción tangible. Cada uno tiene, en bajo relieve las puertas y ventanas correspondientes. Con el tacto es posible percibir la rugosidad de los adornos en el techo. Al encajar la pieza en el ambiente correcto se puede escuchar una audio-descripción con una narrativa que permite interpretar las funciones de los ambientes y los adornos.

En este aplicativo se atendió a la diversidad desde el comienzo, ya que se llevó a cabo un diseño participativo y colaborativo, con personas con deficiencia visual, como se describe en [14]. Una vez puesto en marcha se llevaron a cabo observaciones por parte del equipo de investigación en los momentos en que el recurso estuvo disponible para su uso, totalizando 20 horas de observación. Los datos están siendo analizados en profundidad, considerando también las respuestas a un cuestionario enviado vía formato electrónico, con preguntas abiertas y cerradas, a los visitantes que aceptaron colaborar en la investigación, en un intento de ampliar la dinámica del codiseño.

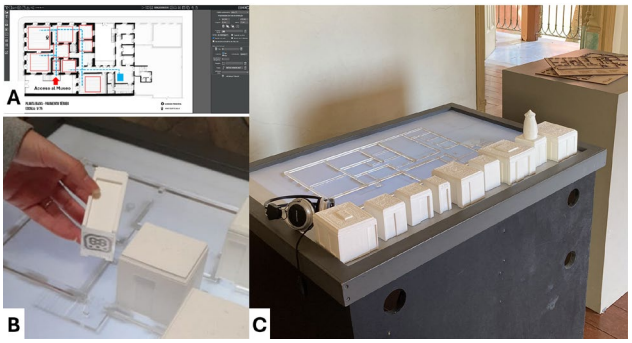


Figura 3: ilustraciones sobre la Exposición "Casarão en la palma de la mano"

Interactividad intergeneracional

Más de mil personas hicieron la visita en la exposición y el uso de la mesa siempre estuvo asistido por una investigadora.

De momento no se ha realizado una sistematización cuantitativa, pero sí se han obtenido algunas reflexiones de la observación cualitativa. Durante el uso de la mesa, la exigencia del encaje entre las piezas y la base del plano (en acrílico con los huecos de acuerdo con el área de los ambientes) provocó la interacción intergeneracional de forma natural. Aunque, como ocurrió en

observaciones anteriores, los grupos solían dejar a los menores de edad para que controlaran el juego, mientras que el resto ayudaba en su resolución.

Se observó también que, de forma recurrente, los visitantes de todas las edades demostraron curiosidad en tocar en las piezas y comentaron sobre la necesidad de volver a la visita para mirar los techos con más atención y entonces interpretar el lenguaje de aquella arquitectura.

5 Conclusiones y trabajo futuro

Las limitaciones observadas en el uso de la mesa interactiva tangible en este espacio cultural educativo se refieren más a cuestiones técnicas (bajo sonido, problemas de calibración e identificación de las piezas) que a aspectos en el contexto de la interacción del usuario con el dispositivo. En la primera experiencia aquí relatada, la colocación de la mesa frente al cuadro pictórico con una aplicación que ampliaba la experiencia del usuario con esta importante pieza de la colección fue elogiada por los visitantes e hizo atractivo el uso del dispositivo, lo que ha llevado a explorar su uso en nuevas experiencias.

Como planteamiento para nuevos usos en otros contextos educativos culturales, se sugiere, para fomentar la interacción con la mesa de forma espontánea, considerar el rediseño del espacio circundante a la mesa como un campo complementario que permita establecer más directamente la relación entre el dispositivo y las piezas manipulativas.

En las tres experiencias la interacción y dinámica de actividades lúdicas con la mesa tangible brindó la oportunidad de intensificar la implicación y el cariño de los participantes por el contenido de las exposiciones. En todos los casos, se percibió la contribución a la construcción de una postura activa por parte de los participantes en la reinterpretación de los objetos discutidos, para sintonizar el pasado, el presente y el futuro, lo que la hace muy efectiva para la educación patrimonial.

Los experimentos para apoyar la comunicación accesible en el Museu do Doce continúan en la dirección de explorar el sentido del tacto complementado son la audio-descripción, garantizando siempre formas alternativas de operar las aplicaciones para adaptarse a los diferentes públicos. Hay que destacar que estos recursos son complementarios de otros que el Museo utiliza para presentar el edificio. Por ejemplo, hay un libro multi-formato, con pictogramas para usuarios con necesidades educativas especiales, video en lengua de señas para personas sordas y escritura en braille y audio-descripción para limitaciones visuales. En nuestro trabajo futuro se pretenden incorporar todos los medios de interacción de este libro. Además, en este momento, se avanza en el análisis de los datos y en el estudio los medios de evaluación futuros para evaluar de forma más sistemática cada una de las experiencias, a ser posible sin necesidad de mediación, teniendo en cuenta la dificultad del Museo para brindar apoyo de manera continua a las observaciones. En todo caso, las experiencias muestran el potencial de las interacciones manipulativas sobre las mesas para provocar el afecto de las personas por el patrimonio cultural mostrado.

El objetivo último de estas acciones es promover la postura interpretativa y de dialogo entre el pasado, el presente y el futuro, respecto de los objetos de la colección del Museo. La interpretación desencadena un continuo de comprensión, aprecio y protección.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos PID2022-136779OB-C31 (Ministerio de Ciencia e Innovación) y TED2021-130374B-C22 (MCIN/ AEI/10.13039/501100011033/ y por la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR) y por el Grupo T60_23R (Gobierno de Aragón).

REFERENCIAS

[1] Hornecker, E; Ciolfi, L. 2019. *Human-Computer Interactions in Museums*. Williston: Morgan and Claypool.

[2] Portella, I. et al. 2018. *Caderno de Política Nacional de Educação Museal*. Brasília, DF: IBRAM, 2018.

[3] Sarraf, V. 2015. *A comunicação dos sentidos nos espaços culturais brasileiros: estratégias de mediações e acessibilidade para as pessoas com suas diferenças*. Tese (Doutorado em Comunicação e Semiótica) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

[4] Cardoso, E. 2016. *Design para experiência multissensorial em museus: fruição de objetos culturais por pessoas com deficiência visual*. 2016. Tese (Doutorado em Design) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

[5] Benyon, D. 2005 *Interação Humano Computador*. 2ª Edição. São Paulo: PERSON. 2005.

[6] Rogers, Y; Sharp, H; Preece, J. 2013. *Design de Interação. Além da Interação Homem-Computador*. 3a Edição. Porto Alegre: Bookman, 2013.

[7] Holmes, K. 2018. *Mismatch: How Inclusion Shapes Design*. Cambridge: The MIT Press.

[8] Hughes, P. 2013. *Exhibition Design.* 2nd edition. London: Laurence King Publishing Ltd

[9] Ishii, H. The tangible user interface and its evolution. Communications of the ACM, 2008, vol 51(6), pp.32-36

[10] Costa, V.; Borda, A; Tavares, T. 2022. Mesa tangível interativa: implementação e experimentações em espaços culturais e educativos In: Graphica2022, Seropédica, Rio de Janeiro. Recife: Even3, pp.694 - 705

[11] Nofal, E.; Reffat, R.; Vande Moere, A. 2017. Communicating Built Heritage Information Using Tangible Interaction Approach. In: *Proceedings of the Eleventh International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*. New York, NY, USA: ACM. p. 689–692.

[12] Not, Elena et al. 2019. Digital Augmentation of Historical Objects Through Tangible Interaction. J. Comput. Cult. Herit., New York, NY, USA, v. 12, n. 3, p. 18:1--18:19. Disponível em: http://doi.acm.org/10.1145/3297764.

[13] Pollalis, Christina et al. 2018. Evaluating learning with tangible and virtual representations of archaeological artifacts. In: *Proceedings of the 12th International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, TEEI2018 [s. l.], v. 2018-Janua, p. 626–637.

[14] Braga, K.; Borda, A.; Benedetti, G.; Ferreira, A.; Nunes, C.; Costa, V. 2023. Heritage goes to School: Technological Reproducibility, Tangible Interfaces and Cultural Inclusion for Individuals with Visual Impairments. In: Proceedings of SIGraDi 2023, Punta del Este, Maldonado, Uruguay, pp. 1621–1632 https://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show?sigradi2023_446

Desarrollo de un Sistema de Aprendizaje Personalizado para Estudiantes con Trastorno del Espectro Autista

Diana Gadzhimusieva
Lenguajes y Sistemas Informáticos
Universidad de Alicante
Alicante España
diana.gadzhimusi@gmail.com

Santiago Meliá Beigbeder
Lenguajes y Sistemas Informáticos
Universidad de Alicante
Alicante España
santi@ua.es

Gonzalo Lorenzo Lledó
Departamento de Psicología
Evolutiva y Didáctica
Universidad de Alicante
Alicante España
glledo@ua.es

ABSTRACT

Las aulas escolares están marcadas por una importante diversidad de alumnos, incluidos aquellos con Trastorno del Espectro Autista (TEA), lo que refleja un reto más amplio en la inclusión educativa. Los tutores se enfrentan a la apremiante cuestión de adaptar los entornos de aprendizaje para dar cabida a la amplia gama de necesidades individuales de aprendizaje. Los métodos de enseñanza tradicionales a menudo se quedan cortos a la hora de abordar las necesidades específicas de los alumnos con TEA, sobre todo debido a la variada naturaleza del espectro, que abarca una amplia gama de retos cognitivos, comunicativos y sociales. Abordando esta carencia, nuestra investigación tiene como objetivo el desarrollo de un sistema de aprendizaje personalizado diseñado para satisfacer las necesidades únicas de los alumnos con TEA. Mediante la integración de la Inteligencia Artificial (IA) y las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), incluidas la robótica y la realidad aumentada, el sistema propuesto pretende adaptar la experiencia educativa a los retos y puntos fuertes específicos de cada alumno. Este enfoque permite adaptar las estrategias y los materiales didácticos al alumno individual, facilitando una comunicación, una interacción social y un desarrollo cognitivo más eficaces. La contribución de este estudio reside en su innovadora aplicación de la tecnología para crear un entorno educativo inclusivo que apoye las diversas necesidades de aprendizaje de los alumnos con TEA. Nuestro sistema de aprendizaje personalizado no sólo pretende mejorar los resultados académicos, sino que también fomentar la inclusión social y una mayor participación del entorno familiar en el proceso de aprendizaje.

KEYWORDS

Trastorno del Espectro Autista, herramientas TIC, Inteligencia Artificial, aprendizaje personalizado, robot, realidad aumentada

1 Introducción

La realidad de las aulas escolares presenta una notable diversidad de alumnos con Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE) y procesos de aprendizaje diferenciados. La naturaleza compleja de estas necesidades exige la atención e intervención del profesorado. Según la diversa gama de Necesidades Educativas Especiales (NEE) diagnosticadas, el Trastorno del Espectro Autista (TEA) ha sido uno de los más prevalentes [1]. A nivel internacional, la prevalencia del TEA es de 1 por cada 100 niños (Organización Mundial de la Salud, 2023). Mientras que, a nivel nacional, la prevalencia es del 1.5% de la población [2]. Como indica Newbutt et al., [3], el alumnado con Trastorno del Espectro Autista (TEA) se ve afectado en la forma en la que se relaciona con su entorno a través de la percepción, la comunicación y la interacción. En consecuencia, este trastorno se caracteriza principalmente por afectar a los alumnos en dos áreas fundamentales: la comunicación e interacción social en diferentes contextos, y los patrones restrictivos de comportamiento, actividades e intereses. Estas dificultades pueden ir desde la reciprocidad socioemocional, a las deficiencias en las conductas comunicativas no verbales, hasta finalizar con las deficiencias en el desarrollo, mantenimiento y comprensión de las relaciones. A pesar de estas dificultades, es importante destacar que el alumnado con TEA presenta también fortalezas en su aprendizaje. Su aprendizaje está basado fundamentalmente en la información visual, lo que provoca que entiendan, asimilen, y retengan mejor los conceptos recibidos visualmente, por lo tanto, es necesario utilizar en su aprendizaje tareas con apoyos visuales [4]. Además, disponen de una gran capacidad para el desarrollo de tareas que estén sistematizadas y se aprendan por repetición [5].

Por este motivo, el creciente número de alumnos con TEA ha impulsado la urgente necesidad de un proceso de aprendizaje personalizado que atiendan a las necesidades individuales de cada alumno. Este enfoque se centra en el diseño de actividades dirigidas a las áreas en las que el alumno tiene dificultades, como la comunicación y la interacción social, para promover un aprendizaje eficaz. El aprendizaje personalizado (en inglés, Personalized Learning, PL) es un enfoque centrado en el alumno, que permite a los estudiantes con necesidades educativas especiales, participar en las actividades del aula con otros niños [6]. Los sistemas de aprendizaje personalizados considerarán las preferencias de los estudiantes, su nivel de aprendizaje, los factores personales, y las características de los contenidos y entornos de aprendizaje para crear entornos inteligentes [7]. Estos entornos permiten al alumnado acceder a los recursos digitales e interactuar con dichos sistemas de aprendizaje. En este sentido, diversas investigaciones han constatado que las herramientas TIC (robótica, XR y SAAC) pueden adaptarse a la diversidad de alumnado [8] y proporcionan

una retroalimentación rápida y personalizada al profesorado [9]. Además, las TIC ayudan a obtener una evolución de la evaluación del alumnado [10] y a predecir su éxito académico [11]. De esta forma el aprendizaje personalizado intenta proporcionar secuencias de aprendizaje individuales con las TIC que analizan datos históricos y luego sugieren el siguiente paso basándose para ello en reglas o incorporando la experiencia previa del profesorado [12].

Por otro lado, es importante señalar, que la aplicación de las TIC para la enseñanza del alumnado con TEA aún está en una fase inicial y quedan muchos retos pendientes en su aprendizaje que no han sido abordados. Por ejemplo, investigaciones como las de [13] concluyeron que es necesario implicar a los participantes con TEA y las personas interesadas en su proceso de aprendizaje (por ejemplo, profesores, tutores, familiares, etc.), tanto en la orientación de la investigación como en el establecimiento de los protocolos para trabajar con la tecnología. Por otro lado, se han encontrado problemas relacionados con la aceptación de la tecnología, como [14] que, para trabajar con robótica, tuvieron que desarrollar un estudio piloto para observar las principales dificultades del alumnado con TEA para su aceptación. En sus estudios piloto realizados pudieron comprobar que, a pesar de trabajar con un alumnado con TEA de un amplio espectro, tuvieron que realizar modificaciones off-line en las actividades que se habían diseñado previamente al estudio, teniendo en cuenta las indicaciones del profesorado especialista que estaba con los niños en las aulas. Por otro lado, Lorenzo et al., [14] exponen la necesidad de tener un sistema que pueda medir la evolución en el aprendizaje del alumnado con TEA. El motivo es que los sistemas tradicionales que se utilizan llevan un cuestionario que sirve para diagnosticar más que para evaluar la evolución del alumnado con TEA en sus procesos de aprendizaje. El cuestionario está sujeto al sesgo del observador al evaluar si el niño ha desarrollado una determinada habilidad. En resumen, se puede concluir que existe la necesidad de una herramienta que personalice las actividades al nivel cognitivo del alumnado con TEA en tiempo real y que permita evaluar la evolución de su aprendizaje.

En este contexto educativo, donde se plantea el presente trabajo que consiste en crear aplicaciones inteligentes gestionadas por los profesores para realizar actividades con robots, proporcionen inclusión educativa y social para el futuro laboral de un determinado segmento de la población. El trabajo está abordando problemas de la temática del PEICTI 2021-23 como “Mundo Digital, Industria, Espacio y Defensa”, en la línea estratégica “Inteligencia artificial y robótica”. Para ello, se aplica un enfoque innovador al definir modelos IA para detectar patrones en el comportamiento de alumnos con TEA, almacenando información centralizada en cada actividad propuesta mediante el robot o realidad extendida. Para este caso utilizamos los modelos de redes neuronales recurrentes (RNN), con la particularmente la variante Long Short-Term Memory (LSTM), que, gracias a su capacidad para manejar secuencias de datos, resultan excelentes para el análisis de patrones en el tiempo, como el proceso del estudiante en el proceso de aprendizaje. De esta manera, el sistema puede ajustar automáticamente el nivel de dificultad de las tareas o introducir nuevos conceptos de manera óptima. Esto maximizaría la eficacia educativa al proporcionar desafíos adecuados para el nivel de habilidad del estudiante.

El uso de la tecnología como Inteligencia Artificial (IA) junto con las herramientas TIC como Robótica, realidad extendida (XR) y Sistemas de Comunicación Aumentativa y Alternativa (SAAC), facilita la inclusión del alumnado realizando un mejor seguimiento de su evolución cognitiva y aprendizaje. Dichos sistemas, mejora la toma de decisiones de los profesores a la hora de evaluar el progreso del alumno y plantear nuevas actividades, además de evitar situaciones de frustración y rechazo por parte del alumnado con TEA.

2 Un sistema de aprendizaje personalizado e inclusivo para alumnos con TEA

La principal novedad de este estudio radica en el desarrollo de una propuesta didáctica basada en la tecnología que permita implementar un aprendizaje personalizado e inclusivo para alumnos con TEA. Las ventajas del sistema de aprendizaje personalizado serían las siguientes: 1) Una gestión en tiempo real de la información personalizada del perfil de cada alumno, para realizar un aprendizaje que adapte cada actividad docente según la condición del alumno y sus progresos previos. Se obtiene así, una optimización de los resultados académicos, y una reducción del rechazo de cada actividad. 2) Una definición de indicadores de evaluación que permita categorizar a los alumnos dentro del abanico que presenta el TEA que favorecerá una mejor gestión de la evolución y la asignación de actividades de aprendizaje en función de sus diferentes niveles de severidad. 3) Un seguimiento remoto de la evolución de cada alumno, tanto al profesorado como a las familias pudiendo visualizar los objetivos alcanzados y el progreso en los diferentes ámbitos de aprendizaje de los alumnos con TEA.

Figura 1: Esquema del sistema de aprendizaje personalizado para alumnado con TEA

Ello, posibilitará que se programen mejor las nuevas actividades adaptadas a los resultados previos y con ello conseguir una respuesta educativa personalizada e individualizada. 4) Y por

último, un uso más optimizado de las herramientas TIC fundamentado en una adaptación en tiempo real de las actividades en función del alumno, basándose en la aplicación de la inteligencia artificial para la detección de patrones de comportamiento a partir de los datos del alumno.

Además, la introducción de las mejores prácticas basadas en trabajos previos con alumnos con TEA con las herramientas TIC, por ejemplo, el uso de QTrobot, que obtiene muy buenos resultados en las actividades de reciprocidad emocional [15]. Estos autores comprobaron con 11 niños autistas como mejoraba la identificación y expresión de las emociones además de una mejora del lenguaje.

En la parte inferior de la figura 1 pueden verse las tecnologías que se proponen para la realización de las actividades docentes con alumnos con TEA. Tanto la Realidad Extendida (es decir, Realidad Virtual y Aumentada), como el uso de QTrobot, obtienen información del perfil del alumno para su funcionamiento, obtenida de un sistema centralizado alojado en la nube. De esta forma, cada dispositivo se adapta a las características del alumno. Por su lado, los resultados de cada actividad son enviados al sistema centralizado, para almacenar el progreso. En este punto se aplica la IA tanto en la recogida de la información introducida por el profesor, como en modelos basados en imágenes y audio que permitan detectar aspectos relacionados con el comportamiento del alumno. Específicamente, para este caso, se utilizan las redes neuronales convolucionales (CNN) que son particularmente adecuadas para detectar aspectos relacionados con el alumno a partir de video y audio debido a su estructura y funcionamiento especializado en el procesamiento de datos con estructura de cuadrícula, como imágenes y secuencias temporales. Las CNN son eficaces en la identificación de patrones visuales y auditivos debido a su capacidad de aprender jerarquías de características, que son esenciales para interpretar la comunicación y la interacción social y entender comportamientos y reacciones emocionales del alumno.

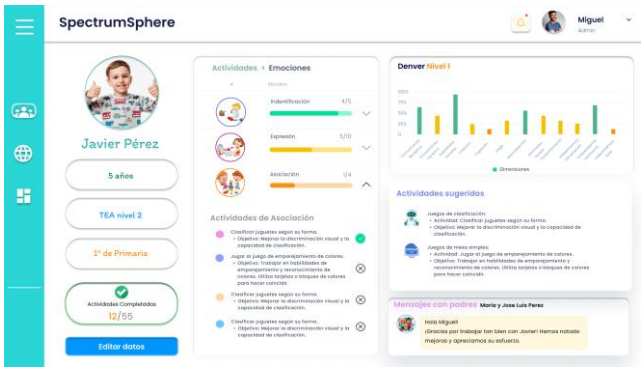


Figura 2: Vista del perfil del alumno con TEA en la aplicación Web para profesores

2.1 Aplicaciones para Docentes y Padres en el Desarrollo Personalizado de Alumnos con TEA

El primer paso previo a la implantación de nuestra aproximación es la solicitud de los permisos correspondientes en cada una de las entidades educativas. Es entonces cuando se realiza una demostración previa, en la que cada institución indica cuales son los alumnos, padres y profesores que pueden participar en un estudio piloto. A continuación, se procede a realizar un estudio piloto, en el que se recoge información de los usuarios, permitiendo elegir las actividades que más se adaptan al funcionamiento del centro. Si el sistema es aceptado, entonces se procede a su implantación.

Una de las características más relevantes del sistema de aprendizaje personalizado, es aumentar la participación e implicación tanto del profesorado como de los padres/madres en el proceso de aprendizaje. Para ello, toda la información almacenada por dicho sistema es mostrada a los profesores mediante una aplicación Web que muestra las características y la evolución de cada alumno, permitiendo gestionar la programación de las actividades a realizar. El profesor puede proponer cambios, que basados en su experiencia, se adapten mejor al alumno. Por otro lado, al analizar el progreso del niño, la IA ofrece a los profesores una selección de actividades para trabajar las tareas que quedan pendientes. En la Figura 2 se aprecia la vista que muestra la información del perfil de un alumno con TEA. En ella, en la parte izquierda se resumen los datos más relevantes, Edad, nivel de TEA, nivel académico y actividades completadas. En la parte central se definen las actividades programadas para el día de hoy, concretamente en la figura aparecen las tareas de emociones, cuáles son las que han realizado, en Identificación, Expresión y Asociación. De ellas, se selecciona Asociación, y se muestra en el panel inferior donde se indican las tareas que ha realizado (la primera) y las que no ha podido completar. Por último, en la parte derecha se muestra una gráfica sobre el nivel de Denver que tiene el alumno, en ella se aprecian los diferentes niveles que mantiene en las dimensiones de Denver. Estos niveles podrán ser revisados ya sea por la realización del currículo del Modelo Denver de atención temprana para niños con autismo, o bien por su relación con las actividades que realiza en el día a día el alumno. Debajo se muestran las actividades sugeridas por la IA, en este punto el sistema de aprendizaje personalizado, a partir del banco de actividades realizadas por los alumnos de TEA en el pasado, y cogiendo los datos de este alumno, infiere a partir de patrones, cuáles son las actividades que considera más adecuadas para las siguientes sesiones. Obviamente, es el profesor quien finalmente toma la decisión de aceptar las sugerencias, o rechazarlas en función de su consideración. Por último, se muestra una ventana con los mensajes de los padres, dicha parte es un canal para que los profesores informen a los padres diariamente del progreso de aprendizaje de sus hijos con TEA.

Por su lado, las familias o tutores dispondrán de una aplicación móvil para poder conocer y participar en el aprendizaje de sus hijos, pudiendo indicar si hacen o no tareas cuando ellos están en casa.

En la Figura 3, se muestra una vista de la aplicación móvil de los padres, en la que se visualizan las tareas que el alumno con TEA tiene programadas para hoy. En la que en la parte superior se

mostrarían las tareas que el alumno ha realizado en el centro educativo, de las cuales destacan las actividades Motora y social, Cognitiva y motora, Comunicación y Lenguaje.

Figura 3: Vista de aplicación móvil para padres

Por su lado, en la parte inferior, se sugieren las actividades que el alumno debería realizar en casa, con la idea de fomentar la participación de los padres en el proceso de aprendizaje. Cada padre podrá indicar si ha realizado o no las tareas programadas cada día desplazando la fila de tarea completada hacia la izquierda. Esto proporciona una retroalimentación fundamental al profesorado que permite mejorar y adaptar las actividades diarias de cada alumno.

3 Conclusiones

El presente estudio se aborda una necesidad crítica en el ámbito educativo: la creación de un entorno inclusivo y adaptativo para estudiantes con Trastorno del Espectro Autista (TEA). La implementación de un sistema basado en las herramientas TIC e IA permite un diagnóstico y adaptación en tiempo real a las necesidades individuales de cada estudiante, promoviendo así un aprendizaje más efectivo y personalizado. La capacidad del sistema para identificar patrones de comportamiento y adaptar las estrategias de enseñanza en consecuencia representa un avance significativo hacia la inclusión y la personalización educativa. Si bien se exploran enfoques y estrategias potenciales, es importante tener en cuenta que aún se requiere una validación rigurosa de estas propuestas. El trabajo futuro contempla la implantación de dicho sistema en centros educativos en un proyecto piloto que permita la introducción de datos reales, ofreciendo así un punto de partida sólido para la optimización de los algoritmos de Inteligencia Artificial (IA). La recopilación de información detallada sobre las interacciones de los estudiantes con el sistema y su progreso educativo será fundamental para afinar los modelos de IA, asegurando que las adaptaciones y recomendaciones sean cada vez más precisas y efectivas. Además, se prevé la expansión del sistema para incluir una mayor integración de los dispositivos tecnológicos específicos, tales como robots, gafas de realidad aumentada y SAAC. La personalización de la interacción con estos dispositivos según las necesidades y preferencias individuales de cada estudiante con TEA constituye un paso adelante hacia la creación de un ambiente de aprendizaje verdaderamente adaptativo. Esta evolución del sistema no solo enriquecerá la experiencia educativa de los estudiantes, sino que también proporcionará nuevas dimensiones de datos para mejorar la precisión de los modelos de IA.

REFERENCIAS

[1] Armijos, J., Quinto, E., Álvarez, L., Morocho, R. & Llerena, J. 2023. Técnicas de intervención en el trastorno del espectro autista: una revisón sistemática. *Universidad y Sociedad, 15*(4), 192-203.

[2] Morales Hidalgo, P. et al. 2021. Autism spectrum disorder prevalence and associated sociodemographic factors in the school population: EPINED study. *Autism : the international journal of research and practice*. 25, 7 (Oct. 2021), 1999–2011. DOI:https://doi.org/10.1177/13623613211007717.

[3] Newbutt, N. et al., 2020. Using Virtual Reality Head-Mounted Displays in Schools with Autistic Children: Views, Experiences, and Future Directions. DOI:https://doi.org/10.1089/cyber.2019.0206.

[4] Adjorlu, A. et al. Virtual Reality Music Intervention to Reduce Social Anxiety in Adolescents Diagnosed with Autism Spectrum Disorder.

[5] Baron-Cohen, S. 2006. Two new theories of autism: hyper-systemising and assortative mating. Archives of Disease in Childhood. 91, 1 (2006), 2. DOI:https://doi.org/10.1136/ADC.2005.075846.

[6] Worthen, M.G.F. 2016. Hetero-cis–normativity and the gendering of transphobia. International Journal of Transgenderism. 17, 1 (Jan. 2016), 31–57. DOI:https://doi.org/10.1080/15532739.2016.1149538.

[7] Yang, Q. et al. 2014. The research of personalized learning system based on learner interests and cognitive level. Proceedings of the 9th International Conference on Computer Science and Education, ICCCSE 2014. (Oct. 2014), 522–526. DOI:https://doi.org/10.1109/ICCSE.2014.6926516.

[8] Verdú, E. et al. 2017. Integration of an intelligent tutoring system in a course of computer network design. Educational Technology Research and Development. 65, 3 (Jun. 2017), 653–677. DOI: https://doi.org/10.1007/s11423-016-9503-0.

[9] Dever, D.A. et al. 2020. The Impact of Autonomy and Types of Informational Text Presentations in Game-Based Environments on Learning: Converging Multi-Channel Processes Data and Learning Outcomes. International Journal of Artificial Intelligence in Education. 30, 4 (Nov. 2020), 581–615. DOI:https://doi.org/10.1007/S40593-020-00215-1/METRICS.

[10] Baykasoğlu, A. et al. 2018. Process mining based approach to performance evaluation in computer-aided examinations. Computer Applications in Engineering Education. 26, 5 (Sep. 2018), 1841–1861. DOI:https://doi.org/10.1002/CAE.21971.

[11] Çağataylı, M. and Çelebi, E. 2022. Estimating Academic Success in Higher Education Using Big Five Personality Traits, a Machine Learning Approach. Arabian Journal for Science and Engineering. 47, 2 (Feb. 2022), 1289–1298. DOI:https://doi.org/10.1007/S13369-021-05873-4/METRICS.

[12] Iatrellis, O. et al. 2019. A novel integrated approach to the execution of personalized and self-evolving learning pathways. Education and Information Technologies. 24, 1 (Jan. 2019), 781–803. DOI:https://doi.org/10.1007/S10639-018-9802-7/METRICS.

[13] Newbutt, N. and Bradley, R. 2022. Using immersive virtual reality with autistic pupils: moving towards greater inclusion and co-participation through ethical practices. Journal of Enabling Technologies. 16, 2 (Aug. 2022), 124–140. DOI:https://doi.org/10.1108/JET-01-2022-0010/FULL/XML.

[14] Lorenzo Lledó, G. et al. 2024. Application of Robotics in Autistic Students: A Pilot Study on Attention in Communication and Social Interaction. Technology, Knowledge and Learning. (2024). DOI:https://doi.org/10.1007/S10758-023-09718-X.

[15] Horstmann, A.C. et al. 2022. Important Preliminary Insights for Designing Successful Communication between a Robotic Learning Assistant and Children with Autism Spectrum Disorder in Germany. Robotics 2022, Vol. 11, Page 141. 11, 6 (Dec. 2022), 141. DOI:https://doi.org/10.3390/ROBOTICS11060141.

Platform for accessible online learning

Mario Pérez-Enríquez
maripere@inf.uc3m.es
Universidad Carlos III de Madrid
Spain

Jose Luis López-Cuadrado
jllopez@inf.uc3m.es
Universidad Carlos III de Madrid
Spain

Israel González-Carrasco
igcarras@inf.uc3m.es
Universidad Carlos III de Madrid
Spain

ABSTRACT

Este artículo presenta una plataforma web diseñada para mejorar la experiencia educativa de estudiantes con discapacidad en entornos de aprendizaje online. Desarrollada en colaboración con expertos del Centro Español de Subtitulado y Audiodescripción (CESyA) y personas con discapacidad, la plataforma ofrece diversas funciones para mejorar la accesibilidad. Destacablemente, permite la creación de sesiones en vivo con transcripción en tiempo real del audio, facilita la inclusión de canales para interpretación en lengua de signos y descripción de audio, además de ofrecer una interfaz de usuario personalizable. Asimismo, automatiza la generación de recursos como transcripción, apuntes y grabaciones con subtítulos, simplificando el proceso de aprendizaje para todos los usuarios. La plataforma ha sido desarrollada utilizando metodologías centradas en el usuario a través de un desarrollo iterativo y pruebas de usuario para satisfacer diversas necesidades, priorizando la accesibilidad para una experiencia educativa efectiva adaptada a los requisitos de cada estudiante.

El artículo profundiza en la arquitectura y funcionalidades clave de la plataforma, detallando cómo se implementan las características de accesibilidad para diferentes tipos de discapacidad. Se discuten los aspectos técnicos de la generación automática de recursos, la integración de servicios de transcripción de audio y la interfaz de usuario. Además, se describe el proceso de desarrollo centrado en el usuario y las pruebas de facilidad de uso llevadas a cabo durante el desarrollo de la plataforma. El artículo también analiza la relevancia de la plataforma en el contexto educativo actual y discute posibles aplicaciones futuras y áreas de mejora.

KEYWORDS

Accessibility, education, online learning, automatic transcription, web

ACKNOWLEDGMENTS

This paper is part of the grants PICOGAC TED2021-132182A-I00 funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and by European Union NextGenerationEU/PRTR and ACCESS2MEET (PID2020-116527RB-I0) project financed by MCIN AEI/10.13039/501100011033/.

Interacción'24, Junio 19–21, 2024, A Coruña, España
Texto completo en: https://doi.org/10.1145/3657242.3658603.

Democratización de los Sistemas de Emergencia: Requisitos de una Aplicación Móvil para Personas con Discapacidad

Lourdes Moreno †
Departamento de Informática,
Universidad Carlos III de Madrid | CESyA
lmoreno@inf.uc3m.es, lmoreno@cesya.es

Angela Diaz-Redondo
Departamento de Informática
Universidad Carlos III de Madrid
angela.diaz@uc3m.es

José Manuel Masiello
Centro Español del Subtitulado y la Audiodescripción (CESyA), Madrid
jose.masiello@uc3m.es

Belén Ruiz-Mezcua
Departamento de Informática
Universidad Carlos III de Madrid | CESyA
bruiz@inf.uc3m.es, bruiz@cesya.es

Paloma Martínez
Departamento de Informática
Universidad Carlos III de Madrid
pmf@inf.uc3m.es

RESUMEN

La accesibilidad en los sistemas de emergencia es fundamental para asegurar la seguridad y el bienestar de todas las personas, especialmente aquellas con discapacidades. Este trabajo expone el desafío de diseñar una aplicación móvil de emergencia (número 112) accesible, orientada para ser utilizada por personas con discapacidad. A través de la participación de 65 usuarios con distintas discapacidades, se analizan las limitaciones de los sistemas actuales de emergencia y se proponen soluciones innovadoras, utilizando un enfoque inclusivo para identificar los requisitos desde diversas perspectivas.

Palabras Clave

Accesibilidad, Discapacidad, Aplicación Móvil, Servicios de Emergencia, Requisito

ACM Reference format:

Lourdes Moreno, Angela Diaz-Redondo, José Manuel Masiello Ruiz, Belén Ruiz-Mezcua, and Paloma Martínez. 2024. Emergency Systems Democratization: Disability-Inclusive Mobile App Requirements. In XXIV International Conference on Human Computer Interaction (INTERACCION 2024), June 19–21, 2024, A Coruña, Spain. ACM, New York, NY, USA, 8 pages. https://doi.org/10.1145/3657242.3658594

1 Introducción

La integración de la accesibilidad en los sistemas de emergencia debe ser una responsabilidad compartida entre diseñadores, desarrolladores y legisladores. Se busca que todas las personas, sin importar sus capacidades, puedan acceder a servicios de emergencia, número 112, en momentos críticos. Los desafíos incluyen la necesidad de adaptar los sistemas de emergencia para personas con discapacidad, en especial aquellos con discapacidad auditiva y del habla, quienes encuentran dificultades debido al predominio de las comunicaciones por voz. La legislación europea y nacional establecen requisitos específicos para mejorar la accesibilidad de los servicios de emergencia.

2 Contribución

El estudio realizado con 65 participantes ha permitido identificar necesidades y preferencias específicas de los distintos grupos de usuarios con discapacidad, esenciales para el diseño de un prototipo de aplicación móvil de emergencia. Además, una revisión exhaustiva de estándares y normativa existenta contribuyó a la creación de una lista de requisitos que combina obligaciones legales y requisitos reales de las personas con discapacidad. Estos requisitos han guiado el diseño de un prototipo de aplicación móvil adaptable a diversas necesidades en situaciones de emergencia. Este trabajo subraya la importancia de cumplir no solo cumpla con expectativas legales y técnicas, sino que también responda de manera efectiva a las necesidades reales de las personas con discapacidades.

Este trabajo se enmarca en el Proyecto “Accesibilidad sensorial y cognitiva en la comunicación y gestión de los servicios telemáticos y telefónicos de la AGE (Access2Citizen)” [1] impulsado por el Real Patronato sobre Discapacidad con la gestión y desarrollo del Centro Español del Subtitulado y la Audiodescripción (CESyA), a través de fondos del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia del Gobierno de España financiado por la Unión Europea-Next Generation EU.

[1] https://access2citizen.cesya.es/

Integration of generative LLMs into the new generation of chatbots to enhance human-computer interaction

Guillermo Vicente-Oliva†
Departamento de Informática
Universidad de Valladolid
Valladolid, Spain
guillermo.vicente.oliva@uva.es

David Escudero-Mancebo
Departamento de Informática
Universidad de Valladolid
Valladolid, Spain
descuder@infor.uva.es

César González-Ferreras
Departamento de Informática
Universidad de Valladolid
Valladolid, Spain
cesargf@uva.es

Valentín Cardeñoso-Payo
Departamento de Informática
Universidad de Valladolid
Valladolid, Spain
valentin.cardenoso@uva.es

ABSTRACT

Most conventional chatbots rely on strategies that extract information from databases and use predefined templates to generate responses, which poses a significant limitation in maintaining natural, rich, and contextually adapted dialogues. This study examines the enhancement of chatbots through the integration of application programming interfaces (APIs) from large pretrained language models (LLMs), focusing particularly on the GPT architecture. First, the conventional architectural paradigm of chatbots is described, followed by a description of the integration of GPT-based components. As a proof of concept, this enhanced architecture is implemented in a controlled environment, evaluating coherence, contextual relevance, and adaptability. Results, based on user opinions, indicate a significant improvement in the quality of interactions with the enhanced chatbot compared to its conventional counterpart. In conclusion, the integration of LLM APIs, in this case GPT, represents a notable advancement in dialogue systems, offering more contextual and adaptive responses. This study anticipates a relevant leap in chatbot technology, suggesting a paradigm shift towards more humanized and effective human-computer interactions in the coming years.

1 Introduction

Chatbots are defined as software agents designed to simulate conversations with human users through textual or voice interfaces [10]. In the current state of information technologies, chatbots have found a niche market with various applications, ranging from customer service [16] to personal assistance [9] [4], political campaigns [12]. Despite their widespread use, conventional chatbots face significant limitations, particularly in their ability to maintain sufficiently rich and varied dialogues that adapt to the conversation context with a satisfactory level of naturalness [18]. Traditionally, these systems have relied on strategies to extract information from databases and use predefined templates, limiting their ability to adapt to the complexities of natural language and offer relevant and personalized responses.

Considering this fundamental limitation, there is a need to explore more advanced approaches that can navigate the high variety of human language with greater flexibility. This study presents some key insights to improve the functionality of chatbots through the integration of Language Model APIs, with a specific focus on the GPT (Generative Pretrained Transformer) architecture. The choice of GPT as the central axis is based on its demonstrated ability to understand and generate text dynamically, offering a more natural and fluid approach in automated interactions. The challenge lies in presenting how to include the API within already developed systems or those following the conventional structure of pre-established dialogues.

This article describes the implementation of a conversational system on the Dialogflow platform [6] using the capabilities of generative artificial intelligence, specifically GPT, to improve intent detection offered by the platform, as well as to offer other language generation functionalities. We explain how the integration of advanced technologies like GPT can overcome traditional barriers associated with chatbots, thus facilitating progress towards more natural, intuitive, and effective interactions. The timing of this article is opportune because GPT technology is still in its infancy, but its widespread adoption looms as a potential mean to enhance the quality and relevance of responses, potentially marking a step towards systems that can interact in a more human and adaptive manner.

The rest of the article is structured as follows: first, the research is contextualized in the state of the art on chatbots and the use of LLMs in service-oriented dialogue systems; then, the methodology adopted to integrate GPT into the chatbot architecture is presented, along with a description of the proof-of-concept implementation, and an evaluation of the results obtained. Through this analysis, we aim not only to highlight the effectiveness of integrating LLMs in improving chatbots but also to explore the implications of these advancements for the future of human-computer interaction.

2 State of the art

2.1 Chatbots creation technology

The creation of conversational agents that emulate human communication is at the root of computing motivations since Turing posed the question in the seminal article on artificial intelligence *Computer Machinery and Intelligence* [20], asking whether computers could communicate indistinguishably from humans. Since then, chatbots, as programs that communicate with humans or other chatbots giving the impression of not being automatons, have undergone significant evolution. The earliest systems, dating back to the 1960s with the pioneer ELIZA, relied on the pattern-response technique, where responses were generated through the identification of keywords and the application of pre-established rules to simulate human conversations. Despite its simplicity, ELIZA demonstrated machines' ability to emulate human interactions in limited contexts, laying the groundwork for future research in the field [22].

Over time, chatbot construction technology has evolved from rule-based systems to more complex models using natural language processing (NLP) and machine learning techniques. Despite these improvements and their application in dozens of commercial services [1] [25], conventional chatbots still have significant limitations, particularly in their ability to understand and process natural language effectively. Rule-based techniques and pattern recognition systems, although useful for applications with a limited and predictable scope, often fail in situations requiring deep contextual understanding or the management of unstructured dialogues. This inability to handle the ambiguity and variety of human language limits chatbots' effectiveness in providing coherent and contextual responses, resulting in frustrating user experiences in complex scenarios [24] [13] .

2.2 Natural language generation with GPT

The transition towards artificial intelligence-based systems and language models like GPT represents a significant advancement in overcoming chatbots' limitations. These models have demonstrated a remarkable ability to generate coherent responses that take into account the conversation context. To achieve this, GPT systems are based on pretrained models with a large amount of text, allowing them to capture a wide range of linguistic nuances [2][21]. This evolution has brought chatbots closer to truly natural interaction with users, marking a milestone in the development of more advanced and efficient automated dialogue systems.

GPT technology has proven to be highly effective in understanding and generating natural language. This technology is based on Transformers [15], which combine the encoder-decoder architecture [14] with the attention mechanism [21]. One of the most successful GPT products applied to language is chatGPT, which has continuously evolved since its first version launched in 2022, using a methodology of unsupervised pretraining followed by supervised fine-tuning. The use of models with millions of parameters, combined with specialized fine-tuning processes, has made the application an undeniable success [19].

The impact of GPT and transformer models in general on natural language generation is profound, offering more powerful and flexible tools for developers and data scientists [2]. These tools have enormous potential in improving chatbot programming and are poised to become a staple in dialogue system development kits. Despite this potential, the integration of GPT into conventional chatbot architectures is still under development.

3 Description of the software architecture

Figure 1 depicts the general architecture of a standard conversational system. The user generates a written or spoken expression (using the computer's microphone or phone), and the system interprets the input sequence by extracting the semantic content of the transaction, referred to as an intent or communicative intention. To extract semantic values, explicitly declared formal grammars can be employed, but nowadays, it is more common to train automatic systems using example phrases. When the system identifies the intention of the input expression, an event or series of events is triggered, each associated with a set of actions to be executed by the dialogue manager [17]. Taking the example phrase *I want to read a science fiction book of less than 250 pages*, the intent, or user's intention, would be to get a book recommendation, while the genre (*science fiction*) and length (*less than 250 pages*) would be semantic values.

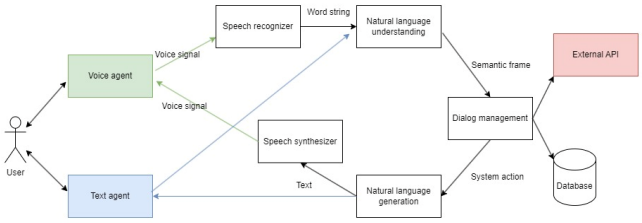


Figure 1: General solution architecture (inspired in [11]).

The extracted semantic value or values from the input expression can be used to assign values to parameters in the interaction context. These values are used as input parameters for actions to access a database that provides relevant variables for the interaction. In response, actions return values that are used by natural language generation systems to craft responses.

Until recently, the usual way to generate responses was to use templates where variable elements were replaced by the values returned by actions. Nowadays, automatic systems trained with labeled dialogue corpora are also commonly used. The logic of the interaction between the user and the system is generated from a detailed description of the intents and entities or slots of semantic frames [3]. In some cases, flowcharts are also used to plan and design the dialogue with the user.

The first applications of GPT trained on LLMs within dialogue systems are in generating responses using natural language [5]. These systems allow more flexible responses using the terms resulting from the actions invoked in the dialogue manager. When the GPT system is powerful enough, its API can be used to collect information that replaces or complements the information traditionally collected from the database. When the system is configured in chat mode, simulating a conversation with the user, it could be used directly to replace the dialogue manager. In this work, we explore the first of these options on a use case that will serve to assess the potential of its use.

4 Proof of concept

A system has been developed as a proof of concept that recommends book readings. The system provides users with reading recommendations using key terms such as the author, genre, number of pages in the book, year of publication, and the target audience: children, young adults, or adults. Additionally, given a title, the system can offer a synopsis of the book or additional information related to the key terms.

4.1 Prototype description

The prototype has been developed using Dialogflow, which is part of the Google Cloud platform and allows the design of conversational interfaces, facilitating their integration into various devices and applications. Specifically, the ES version is used, a simpler version suitable for designing conversational agents of medium complexity [6]. Figure 2 depicts the Dialogflow software architecture with its main components.

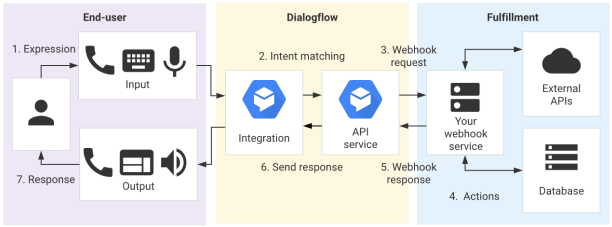


Figure 2: Dialogflow architecture [7]

To date, the Dialogflow ES version lacks functionalities to utilize LLMs, although these have already been integrated into its more advanced version, Dialogflow CX. Therefore, a development effort is required to access the capabilities offered by these generative models. In this proof of concept, we will adopt this approach to enhance the capabilities of intent detection and response generation provided by the platform. The general architecture of our system consists of two main elements: the Dialogflow platform and an API that allows responding to system requests, also known as a webhook service. This service can, in turn, call other APIs or include integration with databases, and in our case, it will handle the connection with the OpenAI API. This webhook API should expose a POST operation, which will be used in all calls made by Dialogflow to the service. This system leverages the capabilities of GPT to classify the user's intent and extract the terms present in their request, such as the book title, author, or desired genre for recommendations. Recommendation generation and synopsis are carried out through calls to GPT, and the information is stored in a MongoDB database to avoid unnecessary queries to the model. Additionally, the relationship between the Dialogflow session and the last referred book is kept in memory, allowing the user to request synopses or information about the book without needing to re-enter the title. This helps optimize resources and improve the user experience. The final response is generated from a series of predefined templates, which are complemented with information returned by GPT.

To obtain the intent through the LLM, it is necessary to create the desired intents in the Dialogflow platform. Dialogflow functions as an authoring tool that allows setting up the dialogue interactively by establishing intents and associated events. For each intent, it is necessary to define an event. This event will allow the webhook service to access the intent through it, via a fulfillment request response, for which it will be necessary to activate this option in the fallback intent offered by the system. In the example case, three intents have been defined, one for each of the functionalities offered by the system (GetInfo, GetSynopsis, and RecommendBook), as well as two additional intents to facilitate the management of the key terms that the user may use for obtaining recommendations. Additionally, six entities have been defined to model the parameters of the user's query.

After configuring all this, the code responsible for handling the intent is created. This code should accept the system request and extract both the current intent and the user request. Then, a message is sent to GPT requesting it to classify the user's intention into a series of categories, including an extra category for classifying requests that do not match the previously defined ones. Furthermore, GPT can be requested to extract relevant parameters from the user's request, preferably in a predefined JSON format to facilitate handling of the response (see figure 3). When the system is ready to recognize the intent, the process is triggered when a user makes a request. As there is no intent configured with training phrases, Dialogflow activates the fallback, which calls the webhook API via fulfillment. In the code, the current intent (in this case, fallback) and the user request are obtained, and a call to GPT (version 3.5 Turbo) is made to classify the user's intent. Once classified, an event response is sent to Dialogflow, where the event matches the user's intention, and all relevant parameters, if any, are included.

```
Your task is to classify the user's intent based on their message.
There are 3 possible intents: to obtain information, to get a synopsis, or to
get a recommendation about a book. You should return a response in JSON format,
with the following structure:
{
  "intent": INTENT
  "book: BOOK
  "filters: FILTERS
}
where INTENT will take one of these values:
 - information if the user wants to obtain information
 - synopsis if the user wants a synopsis or summary
 - recommendation if the user wants a recommendation
 - fallback if the intent is unclear or does not correspond to any of the above
BOOK will be the title of the book if included in the message. Otherwise, its
value will be an empty string.
FILTERS will only be considered if it is a recommendation and will follow this
structure:
{
  "genre": literary genre the user is interested in, empty if not specified
  "author": author the user is interested in
  "theme": theme the user is interested in
  "minPages": minimum number of pages
  "maxPages": maximum number of paged
  "lang": desired language, in ISO 639 format
  "langLevel": desired language level
  "similarBook": similar book the user is interested in
  "age": target audience age of the book
}
```

Figure 3: Intent classification prompt using GPT.

The response generation is carried out similarly to obtaining the intent, using fulfillment so that Dialogflow calls the webhook service, from which queries to GPT are made. These calls include some fields of interest, such as those specified below [8]:

- session: session identifier in Dialogflow.
- queryResult: this field includes the original user request (queryText) as well as the information about the different Dialogflow parameters (parameters).
- intent: intent information, as its name, accessible at displayName.

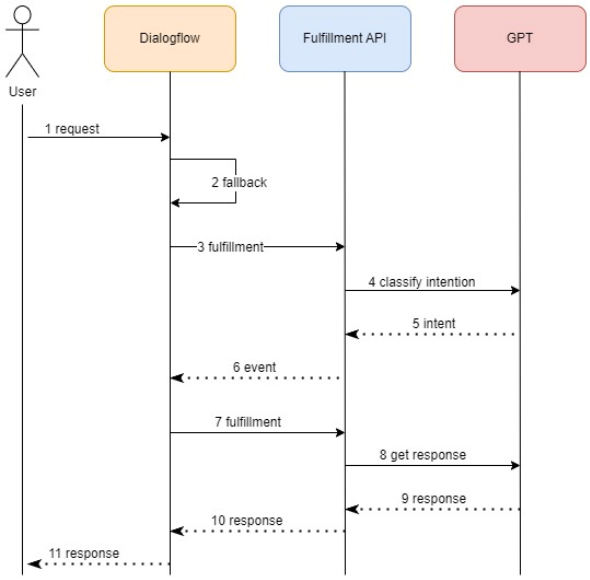


Figure 4: Sequence of obtaining a response. Figure 5 details the contents transmitted at each step.

When generating responses with GPT, it's possible to obtain complete responses directly to offer them to the end user, or parameterized responses, where the assistant is asked to respond using a specific structure, such as JSON. Then, this data is processed to craft the final response, allowing for greater control and avoiding unexpected responses that may affect the user experience.

Figure 4 shows the sequence of events that are part of the flow, from the moment when the user makes a request until the system generates a response. The flow begins with the user's request, for example*, I want to read a science fiction book of less than 250 pages* (1 in the figure). Dialogflow does not detect any intent (as no training phrases have been configured for any). The fallback intent is triggered (2). A fulfillment request is made for the fallback intent (3). The fulfillment API makes a request to GPT, asking it to classify the user's intent and extract the parameters from it (4). GPT responds with the detected intent and the parameters of the request (5). The API responds with an event response containing the intent and parameters obtained by GPT (6). Dialogflow makes a new fulfillment request, this time for the recognized intent, in the example case, "recommendation" (7). The API requests a response from GPT (8). GPT responds to the request (9). The API composes the final response from the JSON obtained through GPT and sends the result to Dialogflow (10). Dialogflow displays the response to

```
{
  "intent": "recommendation"
  "book": ""
  "filters": {
    "genre": "science fiction",
    "maxPages": "250",
    "lang": "en"
  }
}
```
GPT intent recognition response (5)

```
{
  "followupEventInput": {
    "name": "recommendation"
    "languageCode": "en-US"
    "parameters": {
      "genre": "science fiction",
      "maxPages": "250",
      "lang": "en"
    }
}
```
Fallback intent fulfillment response (6)

```
I want you to make a recommendation about a book that
meets the introduced filters. If the filters are
empty, recommend a random book. The response should be
in JSON format following the following structure:
{
  "book": Recommended book name
  "author": Book author
}
```
Prompt for obtaining a recommendation (8)

```
{
  "book": "The Time Machine"
  "author": "H.G. Wells"
}
```
Recommendation response obtained with GPT (8)

```
"fulfillmentMessages": [
  "text": {
    "text": "In that case, I recommend you the book The Time
  Machine by H.G. Wells. Would you like another
  recommendation? I can also provide you with the synopsis or
  information about the book."
  }
]
```
Fulfilment response for recommendation intent (10)

Figure 5: Information transmitted in the different steps represented in Figure 4. In black are the data sent, in blue is a description, the number refers to the identifier of the step in Figure 4.

the user (11). Figure 5 shows examples of the information transmitted in these steps.

4.2 System evaluation

Once the system is implemented, a usability study is conducted, in which five participants perform transactions in a controlled laboratory environment, in person. A series of tasks related to searching for reading recommendations are proposed, and observations related to user behavior are noted. At the end of the session, users are asked to fill out an evaluation survey regarding the tested system. The survey consists of six questions focusing on personal perception of ease of use, system speed, interaction comfort, and satisfaction with the obtained responses. In the questionnaire, users unanimously rate the system as easy to use, with quick interaction, although they also state that they did not feel like they were talking to a person. Four of the users were satisfied with the recommendations obtained, although only one found the information reported in the additional information sheets useful.

From the observations made during the usability tests, it can be highlighted that the system is capable of detecting the user's intent from relatively ambiguous phrases ("what is the book about"), but there are cases where the system cannot recognize the intention or recognizes it incorrectly. There is a high repetition in the recommendations. The system is able to complete the information structure in most cases, but it can also generate unexpected results.

5 Discussion and conclusions

The usual use of dialogue systems with commercial platforms like Dialogflow involves defining a set of expected training phrases to classify the user's intent within a set of predefined intents. This process requires domain knowledge that leads to the declaration of an appropriate set of phrases. User-defined entities must also be considered beforehand and limited to a finite list or regular expression, which can make their detection challenging in certain cases. The closed set of template phrases and limited entities restricts user expressiveness and leads to issues in service usage. In contrast, as demonstrated by the described system, the use of GPT provides flexibility in classifying user intent without the need for training phrases, simply by listing available options and describing desired entities in natural language.

The use of GPT not only facilitates the detection of intents and entities but can also be used to entirely or partially eliminate them. In this case, the responsibility for classifying intent and necessary parameters would fall on the model, which with the appropriate instructions can become a personalized assistant. Following the example of book recommendation, the implementation could be done by sending the user input directly to GPT and requesting it to simulate being a book recommendation system and respond to the user's request. Future work includes contrasting this option, but the tests conducted in the proof of concept indicate that this option may entail risks due to the lack of control over possible responses.

It is important to highlight that our approach goes beyond simply creating an interface for interacting with the large language model (LLM) of GPT. Unlike a generic implementation that could be limited to sending prompts to an LLM and returning its responses, as it would be facilitated by DialogFlow CX in its generative mode, our system is designed to extract and handle meaningful variables within the context of a dialogue. This capability enables a more functional integration with the dialogue process, enabling the precise identification of intents and entities, as well as the adaptation of LLM responses to the specific needs of the context. For example, the direct use of ChatGPT for acquiring products like for example sneakers (with high variety and multiple characteristics) might result in an inefficient and possibly sterile exchange, given the open nature of its responses. In contrast, our approach allows for defining the dialogue flow in a way that effectively uses the LLM to identify key intents and entities, ensuring a goal-oriented and relevant interaction. Therefore, our work should not be merely seen as the creation of a front-end but as the development of an integrated solution that harnesses the power of GPT to significantly enhance automated interaction, providing a smarter and more contextual framework for automated dialogue. Our proposal relies on intent classification and response retrieval, which can be independently implemented complementing the functionalities offered by the dialogue platform. Thus, GPT is employed to detect the intent and subsequently obtain responses through the usual flows offered by the platform.

While our study provides valuable insights into the potential enhancements offered by integrating ChatGPT into conventional chatbot architectures, we acknowledge the need for a more rigorous evaluation methodology, as highlighted by [23] and similar works. Metrics for evaluating chatbots, particularly those aimed at optimizing user experience, require careful consideration and adoption. Additionally, our evaluation solely with users was limited by a smaller sample size and lack of detailed user descriptions. As such, future work should aim to incorporate more sophisticated metrics and methodologies, including larger participant pools and clearer user descriptions, to provide a more comprehensive assessment of the proposed enhancements. Furthermore, conducting comparative tests directly with GPT to evaluate the effectiveness of the proposed approach would be beneficial and is an avenue for future research.

In conclusion, using an LLM-based system within a dialogue system not only anticipates improving the quality and relevance of responses generated by chatbots but also signals a paradigm shift in automated dialogue technology, marking the transition towards systems that can interact more humanly and adaptively.

ACKNOWLEDGMENTS

This work has been carried out within the framework of project PID2021-126315OB-I00 funded by MCIN / AEI / 10.13039/501100011033 / FEDER, EU.

REFERENCES

[1] Eleni Adamopoulou and Lefteris Moussiades. 2020. Chatbots: History, technology, and applications. *Machine Learning with Applications* 2, (2020), 100006.

[2] Maria Teresa Baldassarre, Danilo Caivano, Berenice Fernandez Nieto, Domenico Gigante, and Azzurra Ragone. 2023. The social impact of generative ai: An analysis on chatgpt. In *Proceedings of the 2023 ACM Conference on Information Technology for Social Good*, 2023. 363–373.

[3] Oscar Corcho and Asunción Gómez-Pérez. 2000. A roadmap to ontology specification languages. In *International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management*, 2000. 80–96.

[4] Irina Dokukina and Julia Gumanova. 2020. The rise of chatbots – new personal assistants in foreign language learning. *Procedia Comput Sci* 169, (2020), 542–546. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.212

[5] Albert Gatt and Emiel Krahmer. 2018. Survey of the state of the art in natural language generation: Core tasks, applications and evaluation. *Journal of Artificial Intelligence Research* 61, (2018), 65–170.

[6] Google. 2024. Dialogflow docs. *https://cloud.google.com/dialogflow/es/docs*.

[7] Google. 2024. Fulfillment flow. *https://cloud.google.com/dialogflow/es/docs/images/fulfillment-flow.svg*.

[8] Google. 2024. Fulfillment webhook. *https://cloud.google.com/dialogflow/es/docs/fulfillment-webhook?hl=es-419#webhook_request*.

[9] Zhuoyan Han. 2023. The applications of chatbot. *Highlights in Science, Engineering and Technology* 57, (July 2023), 258–266. https://doi.org/10.54097/hset.v57i.10011

[10] Daniel Jurafsky and James Martin. 2008. *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition*.

[11] Candace Kamm, Shrikanth Narayanan, Dawn Dutton, and Russell Ritenour. 1997. Evaluating spoken dialog systems for telecommunication services. In *Fifth European Conference on Speech Communication and Technology*, 1997. .

[12] Yunju Kim and Heejun Lee. 2023. The Rise of Chatbots in Political Campaigns: The Effects of Conversational Agents on Voting Intention. *Int J Hum Comput Interact* 39, 20 (2023), 3984–3995. https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2108669

[13] Lorenz Cuno Klopfenstein, Saverio Delpriori, Silvia Malatini, and Alessandro Bogliolo. 2017. The rise of bots: A survey of conversational interfaces, patterns, and paradigms. In *Proceedings of the 2017 conference on designing interactive systems*, 2017. 555–565.

[14] Sascha Lange and Martin Riedmiller. 2010. Deep auto-encoder neural networks in reinforcement learning. In *The 2010 international joint conference on neural networks (IJCNN)*, 2010. 1–8.

[15] Tianyang Lin, Yuxin Wang, Xiangyang Liu, and Xipeng Qiu. 2022. A survey of transformers. *AI Open* (2022).

[16] Dragoș Florentin Mariciuc and others. 2023. A Bibliometric Analysis of Publications on Customer Service Chatbots. *Management Dynamics in the Knowledge Economy* 11, 1 (2023), 48–62.

[17] M McTear, Z Callejas, and D Griol. 2016. The conversational interface: Talking to smart devices: Springer international publishing. *Doi: https://doi. org/10.1007/978-3-319-32967-3* (2016).

[18] Helly Raval. 2020. Limitations of existing chatbot with analytical survey to enhance the functionality using emerging technology. *International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR)* 7, 2 (2020).

[19] Denis Rothman. 2021. *Transformers for Natural Language Processing: Build innovative deep neural network architectures for NLP with Python, PyTorch, TensorFlow, BERT, RoBERTa, and more*. Packt Publishing Ltd.

[20] Alan M Turing. 2009. *Computing machinery and intelligence*. Springer.

[21] Ashish Vaswani, Noam Shazeer, Niki Parmar, Jakob Uszkoreit, Llion Jones, Aidan N Gomez, Łukasz Kaiser, and Illia Polosukhin. 2017. Attention is all you need. *Adv Neural Inf Process Syst* 30, (2017).

[22] Joseph Weizenbaum. 1966. ELIZA—a computer program for the study of natural language communication between man and machine. *Commun ACM* 9, 1 (1966), 36–45.

[23] Oscar Jimenez Flores y Juan Jimenez Flores y Yoselin Gutiérrez Rojas y Víctor Jimenez Flores. 2018. MÉTRICAS DE EVALUACIÓN PARA CHATBOTS, ORIENTADAS A OPTIMIZAR LA EXPERIENCIA DE SU USO EN LAS REDES SOCIALES. *REVISTA CIENCIA Y TECNOLOGÍA - Para el Desarrollo - UJCM* 4, 0 (2018), 185–191. https://doi.org/10.37260/rctd.v4i0.134

[24] Shubin Yu, Ji (Jill) Xiong, and Hao Shen. 2024. The rise of chatbots: The effect of using chatbot agents on consumers' responses to request rejection. *Journal of Consumer Psychology* 34, 1 (2024), 35–48. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jcpy.1330

[25] Tomáš Zemčík. 2019. A Brief History of Chatbots. *DEStech Transactions on Computer Science and Engineering* (February 2019), 14–18. https://doi.org/10.12783/dtcse/aicae2019/31439

User Experience and Usability

SAMANTHA: A chatbot to assist users in training tasks to prevent workplace hazards

David Contreras
david.contreras@unap.cl
Facultad de Ingeniería y Arquitectura,
Universidad Arturo Prat
Dreamside Ingeniería Informática Integral Ltd.
Iquique, Chile

Fernando Medina
Mauricio Oyanedel
femedina@unap.cl
moyanedel@estudiantes.unap.cl
Facultad de Ingeniería y Arquitectura,
Universidad Arturo Prat
Iquique, Chile

Maria Salamó
maria.salamo@ub.edu
Facultat de Matemàtiques i Informàtica,
Universitat de Barcelona
Barcelona, Spain

Miquel Sànchez-Marrè
miquel@cs.upc.edu
Intelligent Data Science and Artificial Intelligence
Research Center (IDEAI-UPC),
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
Barcelona, Catalonia

1 RESUMEN

En las empresas, la prevención de los riesgos laborales es un aspecto crucial. Para limitar los efectos negativos sobre las personas, la sociedad y la economía, es muy importante, tanto para la organización como para sus empleados, reducir los accidentes y las enfermedades profesionales. En esta misma linea, los programas de formación del personal de la empresa son esenciales para el sistema preventivo de una organización. La forma más popular de formación es la impartida por expertos que brindan programas de capacitación general que abordan ciertos aspectos de la prevención de riesgos, sin embargo, es posible que este tipo de formación no tenga en cuenta las necesidades reales de las empresas. Una forma alternativa de realizar el entrenamiento es mediante el uso de un asistente. En la literatura, el término "asistente" tiene un sentido muy amplio que se refiere a cualquier interfaz conversacional, incluidos chatbots y asistentes virtuales.

En particular, los chatbots tienen tres beneficios principales: (i) un chatbot se adapta fácilmente a las necesidades únicas de cada empresa; (ii) un chatbot siempre está disponible para los usuarios o trabajadores cuando necesitan tener asistencia oportuna y eficiente; y (iii) un chatbot aumenta la participación de los usuarios generando un impacto positivo sobre la experiencia y resultados de la formación online de los empleados, tal como lo demuestran los numerosos chatbots educativos que están disponibles actualmente.

En este artículo, presentamos SAMANTHA, un chatbot dotado de Inteligencia Artificial que ayuda a reducir los riesgos laborales en la industria minera. SAMANTHA usa modelos de lenguaje grandes (LLM por sus siglas en inglés) previamente entrenados, para ayudar a los usuarios en procesos de capacitación y durante las tareas laborales diarias, con el objetivo de apoyar a los empleados en cualquier circunstancia y mejorar su bienestar en el trabajo. A pesar del enfoque de SAMANTHA en la industria minera, su estructura y diseño es lo suficientemente general como para aplicarse fácilmente a otras industrias.

Específicamente, SAMANTHA necesita cumplir con diversas regulaciones y considerar efectivamente las normas y reglamentos definidos específicamente en cada negocio, industria o empresa. Por este motivo, incluir los protocolos y procedimientos definidos por cada industria es obligatorio en el chatbot propuesto. La arquitectura conceptual de SAMANTHA, que permite cumplir con los requisitos mencionados anteriormente, consiste en cuatro capas: Cliente, Servidor, Servidor Pinecone y Servidor OpenAI.

Nuestra propuesta ha sido evaluada con GPT4.0 y con usuarios reales. En primer lugar, hemos comparado SAMANTHA con un modelo pre-entrenado ChatGPT 3.5, utilizando GPT-4.0 como un evaluador de las respuestas que entregan los dos modelos a preguntas contextualizadas en la prevención de riesgos laborales. En segundo lugar, hemos realizado experimentos con usuarios reales, quienes han realizado preguntas a SAMANTHA y se les ha solicitado evaluar las respuestas de los dos modelos. Adicionalmente, con los usuarios reales se ha realizado una evaluación de usabilidad del software.

Nuestros experimentos muestran que cuando se compara el modelo de aprendizaje de SAMANTHA con el modelo ChatGPT3.5, en las dos evaluaciones descritas anteriormente (esto es, usando GPT4.0 y usuarios reales), queda claro que nuestra propuesta puede responder con precisión a los usuarios. Adicionalmente, la evaluación realizada con usuarios reales muestra resultados satisfactorios desde las perspectivas de aprendizaje, utilidad y satisfacción en el uso de SAMANTHA, con un promedio de satisfacción por sobre 4.5 puntos de un total de 5 puntos en una escala de Likert.

Como trabajo futuro, se podría explorar las respuestas de los usuarios reales para realizar un aprendizaje continuo del modelo y mejorar la personalización de contenidos entregados a los usuarios.

Interacción'24, Junio 19–21, 2024, A Coruña, España
Texto completo en: https://doi.org/10.1145/3657242.3658587.

Shaping Interactive Systems: Defining Features to Meet the Needs of Individuals with Mild Intellectual Disabilities

Barbara Corsetti
Computer Science Department
Universidad Carlos III de Madrid
Leganés, Spain
bcorsett@inf.uc3m.es

Lourdes Moreno
Computer Science Department
Universidad Carlos III de Madrid
Leganés, Spain
lmoreno@inf.uc3m.es

Raquel Hervás
Facultad de Informática and Instituto de Tecnología del Conocimiento
Universidad Complutense de Madrid
Madrid, Spain
raquelhb@fdi.ucm.es

ABSTRACT

Dado el importante potencial de los sistemas interactivos para mejorar la accesibilidad diaria a través de interfaces amigables para el usuario, existe un creciente interés en dirigir estas tecnologías a personas con discapacidades intelectuales. Por lo tanto, muchos investigadores y diseñadores están actualmente enfocados en llevar a cabo procesos de diseño de Experiencia de Usuario (definida como *Las percepciones y respuestas de una persona que resultan del uso o del uso anticipado de un producto, sistema o servicio.*") para desarrollar sistemas interactivos de apoyo para individuos con discapacidades intelectuales leves.

Este artículo se enfoca en las primeras etapas de un proyecto de diseño, llevado a cabo siguiendo la metodología del Doble Diamante, que tiene como objetivo desarrollar un sistema interactivo para permitir que las personas con discapacidades intelectuales leves sean más autónomas.

El trabajo comienza analizando las necesidades de los individuos recopiladas mediante entrevistas a un grupo de 15 individuos con discapacidades intelectuales leves y a 3 de sus cuidadores. Después de esta parte inicial, el artículo describe la etapa de Definición del Doble Diamante que se llevó a cabo para establecer el conjunto de características que se tienen que implementar en el sistema interactivo para que las personas con discapacidades intelectuales puedan ser más independientes. El artículo detalla también una metodología estructurada para la fase de Definición, enfatizando la síntesis colaborativa de diversas perspectivas aplicando diversas herramientas, técnicas y actividades de investigación (por ejemplo, Empathy Maps, Insights, How Might We, Clusters, lluvias de ideas, Poker Plan Estimation, Matriz de Impacto y Esfuerzo) para definir qué características implementar en el sistema interactivo de apoyo.

Debido al doble enfoque en el impacto social y la viabilidad tecnológica durante esta etapa, se completaron dos sesiones colaborativas. La primera involucró una lluvia de ideas con siete desarrolladores para definir las características más impactantes y viables del sistema. La segunda sesión incluyó la colaboración de cinco cuidadores para validar el impacto de las características seleccionadas en la sesión previa.

Al final de todo el proceso de Definición, como lecciones aprendidas, notamos que las sesiones colaborativas revelaron prácticas útiles para mejorar la eficiencia y efectividad del proceso de diseño. Además, nuestros hallazgos nos permitieron entender la diferencia en la estimación del impacto entre los desarrolladores y los cuidadores, enfatizando la importancia de incorporar tempranamente diversas perspectivas. Esta diferencia resalta el valor de nuestro enfoque inclusivo para alinear la viabilidad técnica con las necesidades del mundo real de las personas con discapacidades intelectuales.

Una contribución clave es una metodología estructurada que integra de manera única las perspectivas tanto de los desarrolladores como de los cuidadores en el proceso de diseño. Este método marca un cambio significativo respecto a estudios anteriores al asegurar que los diseños estén informados por una comprensión integral del ecosistema del usuario, destacando el papel crítico de las percepciones de los cuidadores.

KEYWORDS

Intellectual Disabilities, UX, Features Definition, Insights, How Might We, Impact/Effort Matrix

Interacción 2024, June 19-21,2024, Coruña, Spain
. ACM ISBN 978-1-4503-XXXX-X/18/06
https://doi.org/10.1145/3657242.3658593

VisualKine: Revolucionando el Análisis de la Atención Visual y Emocional para el neuromarketing

Gabriel Fuertes Muñoz
LSI
Universidad de Zaragoza
Teruel Aragón España
gabriel.fuertes@gmail.com

Jesús Gallardo Casero
LSI
Universidad de Zaragoza
Teruel Aragón España
jesusgal@unizar.es

Raquel Lacuesta Gilaberte
LSI
Universidad de Zaragoza
Teruel Aragón España
lacuesta@unizar.es

ABSTRACT

La investigación y desarrollo de la estimación de la mirada han generado gran interés en diversas comunidades en las últimas décadas. En este contexto, se presenta VisualKine, una herramienta centrada en el **análisis del comportamiento y emociones** de las personas frente a anuncios promocionales, diseños web y videos promocionales. La herramienta utiliza cámaras web para rastrear y comprender la atención visual, facilitando estudios de marketing de manera eficiente y económica.

El sistema identifica con precisión Áreas de Interés (AOI), optimizando estrategias de diseño y marketing. Se compara con otras tecnologías de eye tracking, resaltando su portabilidad y accesibilidad. La propuesta busca mejorar ratios de conversión publicitaria, enfocándose en comprender la psicología visual de los usuarios, así como sus emociones ante los estímulos.

1 Introducción

Desde las técnicas de interacción humano-computadora [1] hasta los diagnósticos médicos [2], pasando por los estudios psicológicos [3] y la visión por computadora [4], el seguimiento ocular tiene aplicaciones en muchas áreas [5]. Nuestro objetivo en el desarrollo de la herramienta **VisualKine** es la del análisis del comportamiento y las emociones de las personas cuando se enfrentan a un anuncio de un producto, a un diseño web o a un video promocional. Nuestro desarrollo es un medio para alcanzar el fin de una mayor optimización en el neuromarketing, el cual nos permitirá conocer con una mayor precisión el éxito futuro de un producto o servicio antes de su lanzamiento. Así pues, la optimización de disposición de elementos clave, la mejora de promoción y una mayor certeza de impacto positivo, hará que el objetivo de la compañía de maximizar las ratios de conversión será mucho más certera y fiable que los métodos que se usan actualmente.

La mirada es el indicador observable externamente de la atención visual humana, y muchos han intentado registrarlo, desde finales del siglo XVIII [6]. Hoy en día, existe una variedad de soluciones, pero todas sufren de uno o más de los siguientes elementos: alto costo (por ejemplo, Tobii X2-60), hardware personalizado o invasivo (por ejemplo, EyeTribe, Tobii EyeX) o inexactitud en condiciones del mundo real (p. ej, [7]). Estos factores evitan que el seguimiento ocular se convierta en una tecnología generalizada que debería estar disponible para cualquier persona con una cámara razonable (p. ej., un teléfono inteligente o una cámara web). Nuestro objetivo es analizar las tecnologías existentes, compararla con nuestro desarrollo y superar estos desafíos para llevar el seguimiento ocular a todos.

Creemos que este objetivo se puede lograr mediante el desarrollo de sistemas que funcionen de manera confiable a través del uso de webcams en ordenadores, sin la necesidad de accesorios externos. La posición fija de la cámara en relación con la pantalla reduce el número de parámetros desconocidos, lo que podría permitir el desarrollo de un seguimiento sin calibración de alta precisión.

Comenzaremos explicando algunos de los conceptos básicos del eye tracking y neuromarketing para después comparar distintos sistemas existentes. Continuaremos con una visión inicial de VisualKine para realizar una comparativa entre tecnologías y expondremos el diseño de nuestro sistema. Finalizaremos con las conclusiones y el trabajo futuro de VisualKine.

2 Conceptos de Eye Tracking

El eye tracking es una técnica que mide los movimientos de los ojos para determinar hacia dónde, qué y durante cuánto tiempo está mirando una persona. Se utiliza en diversos campos como la lingüística cognitiva, la psicología, el marketing y el diseño de productos. El Eye Tracking se puede realizar con múltiples herramientas, como por ejemplo los denominados Eye Tracker, que emiten rayos infrarrojos hacia los ojos del usuario mientras este observa un objeto. Los Eye Trackers requieren cámaras de alta velocidad para captar hasta 60 imágenes por segundo, logrando así un rastreo continuo del movimiento ocular. Los usos más destacados incluyen:1. Optimización de páginas web y experiencia del usuario. 2. Creación de anuncios publicitarios. 3. Investigación de mercados: Permite acceder a informaciones importantes a través del estudio de los ojos.

Nuestro objetivo se centra en la elaboración de un sistema que sea capaz de llevar a cabo de manera óptima, eficiente y económicamente posible la realización de esas actividades. Pretendemos abarcar el máximo número de personas posibles para realizar los estudios sin tener que realizar un desembolso económico elevado o tener que realizar desplazamientos a un laboratorio para la elaboración de los estudios. Está demostrado que

un usuario que se siente observado sufre un fenómeno que se conoce como el **efecto del observador** [8]. En un entorno de laboratorio, las personas pueden sentirse más conscientes de que están siendo observadas y, por lo tanto, pueden alterar su comportamiento para adaptarse a lo que creen que los investigadores esperan ver, pudiendo llevar a resultados que no reflejan con precisión su comportamiento natural. Por otro lado, en un entorno privado, las personas tienden a comportarse de manera más natural y auténtica, pudiendo proporcionar datos más precisos sobre su comportamiento real. Por ejemplo, un estudio de seguimiento ocular realizado en un entorno de laboratorio puede no reflejar con precisión cómo un consumidor navega por un sitio web o interactúa con un producto en su entorno natural.

Por lo tanto, es importante tener en cuenta estas diferencias al diseñar estudios de marketing y al interpretar sus resultados. De ahí el hecho de desarrollar un sistema que nos permita que el usuario se sienta lo más cómodo posible y así obtener datos más precisos en los estudios que se realicen.

3 Neuromarketing y Emociones

El seguimiento ocular puede proporcionar información valiosa sobre las emociones de los usuarios [9] a través de su comportamiento visual. Por ejemplo, un sistema de seguimiento ocular puede ayudar a comprender las emociones de los usuarios: 1. Si analizamos el tiempo que los usuarios pasan mirando áreas de interés podríamos llegar a inferir el nivel de interés y relacionarlo con aspectos emocionales. Quizás si un usuario analiza una imagen o área con mayor detenimiento podría ser que esa área despierta el interés del usuario y genera emociones positivas o negativas. 2. Los movimientos rápidos de los ojos (sacadas) podrían denotar cambios en la atención, estos factores se podrían relacionar también con emociones del usuario, confusión, sorpresa u otras emociones. 3. La variación en el tamaño de la pupila podría estar relacionado con emociones de interés, estrés o excitación. 4. Los patrones que usa un usuario para explorar una interfaz podrían reflejar sus preferencias y con ello analizar respuestas emocionales.

En resumen, un sistema de seguimiento ocular puede ayudar a comprender las emociones de los usuarios al analizar su comportamiento visual y los cambios en la actividad ocular en respuesta a diferentes estímulos. Esto puede proporcionar información valiosa para diseñar experiencias más emocionalmente relevantes y efectivas.

4 Selección de Sistemas

Dentro de las múltiples tecnologías que existen en el ámbito del eye tracking, vamos a seleccionar las que hoy en día son el referente a nivel mundial. Posteriormente, realizaremos una presentación de nuestro desarrollo VisualKine y finalmente una comparativa de cada una de ellas con VisualKine, mostrando ventajas y desventajas. En la Tabla 1 se muestran las tecnologías seleccionadas con sus características principales.

Empresa	Descripción	Tecnología	Aplicaciones
Tobii Dynavox [10]	Soluciones para investigación y aplicaciones comerciales.	Tecnología óptica de infrarrojos	Estudios de comportamiento visual.
EyeTech Digital Systems [11]	Soluciones para investigación en psicología y neurociencia.	Tecnología corneal-reflejo	Investigaciones sobre atención visual
SensoMotoric Instruments [12]	Soluciones para aplicaciones en investigación, medicina y rehabilitación.	Tecnología óptica de video con gafas	Estudios clínicos, movimientos oculares, etc.
Pupil Labs [13]	Sistema portátil de bajo costo compatible con	Tecnología de video	Investigaciones, diseño de interfaces, etc.

Tabla 1. Selección de los sistemas actuales

4.1 Comparativa de Sistemas

A continuación, realizaremos una pequeña comparativa entre las tecnologías expuestas en la Tabla 1, junto a nuestro desarrollo, estableciendo las ventajas y los inconvenientes de cada una de ellas.

Empresa	Precisión	Ventajas	Desventajas
Tobii Dynavox	Alta	Alta precisión en el seguimiento ocular	Requiere calibración. Sensible a la luz ambiental.
EyeTech Digital Systems	Muy alta	Alta precision sin calibración.	Coste elevado.
SensoMotoric Instruments	Media	Bajo coste.	Menor precisión.
Pupil Labs	Media	Portable. Bajo coste	Menor precisión.
VisualKine	Alta	Portable. Bajo coste.	Menor precision.

Tabla 2. Comparativa entre los sistemas actuales

Basándonos en la información proporcionada anteriormente y comparándola con nuestro sistema, VisualKine, podemos justificar su destacado rendimiento en los siguientes aspectos: Al igual que Pupil Labs, nuestro sistema utiliza tecnología de video, lo que lo hace portátil y accesible en una amplia variedad de entornos. Esta característica permite su uso en diferentes ubicaciones o contextos, proporcionando flexibilidad en su uso. Nuestro sistema, al igual que Pupil Labs, es de bajo costo en comparación con opciones de alta gama como Tobii Dynavox y EyeTech Digital Systems. Esto lo hace más accesible para investigadores con presupuestos limitados, especialmente aquellos que se centran en donde se requieren múltiples dispositivos o un presupuesto ajustado. Si bien la precisión puede ser media en comparación con tecnologías de alta gama como Tobii Dynavox, VisualKine sigue siendo una opción viable para estudios de análisis de atención visual y emocional. Su capacidad para proporcionar información valiosa en estos contextos lo destaca como una herramienta útil para comprender el comportamiento del usuario y la atención visual.

5 VisualKine

Nuestra propuesta, VisualKine, se basa en una premisa sencilla pero poderosa: utilizar cámaras web para rastrear y comprender la atención visual y emocional de los usuarios. Buscamos obtener información valiosa sobre cómo las personas interactúan con contenido visual, ya sea en publicaciones comerciales, videos promocionales o sitios web. Nuestra plataforma VisualKine reside en la nube, lo que garantiza su accesibilidad desde cualquier lugar y dispositivo. Cada estudio se genera como un enlace único, personalizado para cada participante. Este enlace se comparte con los usuarios a los que deseamos invitar a participar en el estudio. La simplicidad de este enfoque permite que los participantes accedan al sistema con facilidad desde sus propios ordenadores personales.

La combinación de la tecnología de seguimiento ocular y una experiencia de usuario agradable nos permite lograr este objetivo. Es importante enfatizar que nuestra oferta de seguimiento ocular se enfoca no solo en la tecnología, sino también en comprender la psicología visual de los usuarios, así como las emociones que perciben ante los estímulos en tiempo real. De esta manera, creamos eventos más impactantes y rentables que benefician tanto a las empresas como a los consumidores. En nuestro trabajo futuro, planeamos continuar perfeccionando y mejorando nuestra plataforma, explorar nuevas aplicaciones y colaborar con investigadores y especialistas en marketing para avanzar aún más en este campo.

Nuestra propuesta VisualKine no solo se trata de tecnología, sino también de comprender la psicología visual y emocional de los usuarios. Al hacerlo, podemos estudiar los resultados para conocer los sentimientos de los usuarios, incluso antes de que ellos mismos sean conscientes de ellos. Además, se podrá adaptar el contenido o generar nuevo contenido que beneficie tanto a empresas como a usuarios.

6 Diseño del Sistema

Nuestra plataforma de seguimiento ocular está basada en la nube y es accesible desde cualquier ubicación y dispositivo. Emplea Node.js y Bootstrap para el desarrollo de la interfaz de usuario, mientras que utiliza AWS para el almacenamiento de datos. Se basa en Python y sistemas de computación en la nube para implementar la inteligencia artificial en la captura y análisis de datos del comportamiento del usuario. Además, cuenta con una librería de desarrollo propia para la calibración y recolección de datos a través de webcam. Cada encuesta genera un enlace personal único para cada participante, que facilita el acceso desde un ordenador personal. Este enfoque anima a los usuarios a participar fácilmente. Una calibración inicial realizada por los participantes antes del estudio es fundamental para ajustar el sistema a sus características individuales. Además, el entorno en el que se realiza la investigación utilizando los dispositivos personales de los participantes promueve la comodidad y la relajación, lo que da como resultado datos más confiables y naturales [14]. Una ventaja importante de nuestro enfoque es la reducción de los efectos del observador, lo que evita que la presencia física de investigadores o moderadores influya en el comportamiento de los participantes [15]. Permite interacciones auténticas con el contenido y es especialmente valioso para capturar reacciones reales en análisis de marketing. Nuestro sistema de seguimiento ocular puede detectar y medir con precisión áreas de interés (AOI), como elementos específicos de una página web, clips de anuncios o vídeos promocionales. Comprender cómo se ven los usuarios nos permite tomar decisiones informadas sobre estrategias de diseño y marketing.

Imagen 1. Diagrama de secuencia de VisualKine

Antes de comenzar el estudio, los participantes realizan una calibración básica. Este paso es crucial para adaptar el sistema a las características individuales de cada usuario. Sin embargo, lo que realmente marca la diferencia es el entorno en el que se lleva a cabo el estudio. Al utilizar sus propios dispositivos, los participantes se sienten cómodos y relajados, lo que contribuye a resultados más fiables y naturales. Una de las ventajas clave de nuestro enfoque es la minimización del efecto del observador. En estudios tradicionales, un investigador o moderador puede influir inadvertidamente en el comportamiento del participante. Al eliminar la presencia física de un observador, permitimos que los

usuarios interactúen de manera más auténtica con el contenido. Esto es especialmente relevante en el análisis de marketing, donde queremos capturar respuestas genuinas. Nuestro sistema VisualKine nos permite identificar y medir con precisión las Áreas de Interés (AOIs). Estas pueden ser elementos específicos en una página web, anuncios publicitarios o incluso fragmentos de un video promocional. Al comprender dónde se dirige la mirada del usuario, podemos tomar decisiones informadas sobre el diseño y la estrategia de marketing. En última instancia, nuestro objetivo es mejorar las ratios de conversión de publicidad. Antes de lanzar una nueva campaña de marketing, queremos asegurarnos de que nuestros anuncios sean efectivos y generen un impacto significativo. Al combinar la tecnología de VisualKine con la comodidad del entorno del usuario, estamos en una posición favorable para lograr este objetivo.

En resumen, VisualKine se destaca por su accesibilidad, portabilidad y capacidad para proporcionar información valiosa en estudios de marketing y análisis de atención visual y emocional, lo que lo convierte en una opción atractiva para investigadores y profesionales que buscan una solución rentable y funcional.

7 Conclusiones y Trabajo Futuro

En las últimas décadas, la investigación y el desarrollo de la estimación de la mirada ha atraído un gran interés por parte del mundo académico, la industria y los usuarios. Esto se debe a la disponibilidad de recursos informáticos y hardware, así como a la alta demanda de métodos de interacción persona-ordenador. Con esto en mente, realizamos una revisión detallada de la literatura para analizar los avances recientes en la investigación de la mirada.

Los sistemas basados en la mirada en interfaces hombre-computadora (HCI) han logrado propiedades impresionantes que permiten operaciones de control y entrada de alta velocidad. Esto ha llevado a su implementación en diversas plataformas y aplicaciones de usuario. Sin embargo, a pesar de estos avances, todavía existen limitaciones debido a factores como la calidad de las cámaras de seguimiento ocular, los cambios aleatorios de luz y las gafas del usuario. La revisión de la literatura destaca la importancia de evaluar adecuadamente la coherencia y precisión de los sistemas de evaluación de la mirada en entornos del mundo real. Factores como el movimiento de la cabeza, la distancia del usuario, el ángulo de visión y las características de visualización configuradas pueden afectar el rendimiento de manera impredecible, poniendo en duda su utilidad en aplicaciones actuales y futuras. Un punto clave a considerar es la falta de uniformidad en las mediciones del rendimiento de la mirada. La variedad de métricas (como la tasa de detección o el porcentaje de precisión) dificulta la comparación de diferentes sistemas y algoritmos. Para abordar este problema, hemos desarrollado VisualKine. Un sistema de bajo coste que permite analizar las emociones y el comportamiento visual de los usuarios teniendo como ventaja el uso de los dispositivos propios de los usuarios (equipos y webcams), permitiendo así una mejora en el estudio del marketing. Además, corroboramos la reducción del efecto observador al sentirse los usuarios más cómodos y relajados en un entorno privado. Contribuimos así a obtener unos resultados más fiables y naturales añadiendo interacciones más auténticas a nivel emocional y de neuromarketing. Como trabajos futuros proponemos implementar un sistema de evaluación del desempeño que mida el resultado de los sistemas de seguimiento de la mirada utilizando un conjunto común de métricas de precisión comparando sistemas tradicionales de investigación en laboratorio con el sistema evaluado en los hogares. Como elemento diferenciador de nuestro sistema, el análisis de las emociones en tiempo real es un factor para tener en muy en cuenta en un sistema de bajo coste, que otros sistemas más avanzados carecen en una primera instancia. Se pretende elaborar unas recomendaciones de seguimiento ocular para análisis e investigaciones de mercado a través de las emociones de los usuarios que se centran en el uso de cámaras web. Nos esforzamos por comprender la atención visual de los usuarios y obtener información valiosa sobre cómo interactúan con el contenido visual en plataformas como listados corporativos, videos promocionales y sitios web, focalizando nuestros esfuerzos en la captación y análisis de emociones.

KEYWORDS

AOI, Área de Interés, Eye Tracking, Tobii, VisualKine, Marketing, Publicidad, Emociones.

ACKNOWLEDGMENTS

Partially funded by the Spanish Science and Innovation Ministry through the contract PID2022-136779OB-C31. T60_23R Grupo de Investigación en Interfaces Avanzadas (AffectiveLab). Programa de ayudas a la investigación 2024. Fundación Universitaria Antonio Gargallo. "Companion robots for seniors: Heavy lifting and Personal Transportation Robots de compañía para personas mayores: Levantamiento de cargas pesadas y transporte personal".

REFERENCES

[1] R. Jacob and K. S. Karn. Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. Mind, 2003. 1
[2] P. S. Holzman, L. R. Proctor, D. L. Levy, N. J. Yasillo, H. Y. Meltzer, and S. W. Hurt. Eye-tracking dysfunctions in schizophrenic patients and their relatives. Archives of general psychiatry, 1974. 1
[3] K. Rayner. Eye movements in reading and information processing:20 years of research. Psychological bulletin, 1998. 1
[4] A. Borji and L. Itti. State-of-the-art in visual attention modelling PAMI, 2013.
[5] A. Duchowski. Eye tracking methodology: Theory and practice. Springer Science & Business Media, 2007.
[6] E. B. Huey. The psychology and pedagogy of reading. The Macmillan Company, 1908. 1
[7] K. A. F. Mora, F. Monay, and J.-M. Odobez. Eyediap: A database for the development and evaluation of gaze estimation algorithms from rgb and rgb-d cameras. ETRA, 2014. 1, 2
[8] Cukor-Avila, P. (2000). Revisiting the observer's paradox. American Speech, 75(3), 253-254.
[9] Olarte, C. A. S. (2021). La pupilometría y el eye tracking como herramientas del neuromarketing. Vivat Academia. Revista de Comunicación, 227-243.
[10] https://es.tobiidynavox.com/ 26/02/2024
[11] https://eyetechds.com/ 26/02/2024
[12] Eye-Tracking-Solutions (gazeintelligence.com) 26/02/2024
[13] Home - Pupil Labs Docs (pupil-labs.com) 26/02/2024
[14] Bailey, G., & Tillery, J. (1999). The Rutledge effect: The impact of interviewers on survey results in linguistics. American Speech, 74(4), 389-402.
[15] Cukor-Avila, P., & Bailey, G. (1995). An approach to sociolinguistic fieldwork: A site study of rural AAVE in a Texas community. English World Wide, 16, 159-194.

Consideraciones para el uso de interfaces multimodales en entornos sensibles

Caso de estudio en el cuidado de las personas mayores

Amaia Etxabe Antia
Mondragon Unibertsitatea
Spain
aetxabea@mondragon.edu

Arantxa Glez. de Heredia Lpz. de Sabando
Mondragon Unibertsitatea
Spain
agonzalezh@mondragon.edu

Amaia Beitia Amondarain
Mondragon Unibertsitatea
Spain
abeitiaa@mondragon.edu

Daniel Justel Lozano
Mondragon Unibertsitatea
Spain
djustel@mondragon.edu

ABSTRACT

Este estudio se centra en mejorar la eficiencia en la gestión interna de un centro gerontológico a través de interfaces multimodales, con el propósito de ganar tiempo de valor y fomentar el modelo de la Atención Centrada en la Persona. Se analiza la posibilidad de interactuar por voz con la plataforma de gestión interna existente. Para ello, se realiza un rediseño y se desarrolla un prototipo que se evalúa a través de entrevistas con el personal profesional de un centro gerontológico. Los resultados preliminares apuntan a que el sistema de interacción por voz puede mejorar la eficiencia en los procesos. Sin embargo, también se identifican situaciones en las que la privacidad y la dignidad de las personas cuidadas se pueden ver afectadas. Así, se considera necesario investigar más sobre el impacto que puede tener la transición hacia interfaces multimodales en entornos sensibles, para asegurar el respeto a los principios éticos de los modelos de Atención Centrada en la Persona.

CCS CONCEPTS

Human computer interaction (HCI) • Speech-based interaction • Mutimodal interfaces • Voice User Interface (VUI) • Social implications of technology • Healthcare information management

KEYWORDS

Interacción por voz, interacción multimodal, Atención Centrada en la Persona, Diseño Inclusivo, ética

1. Introducción

En una sociedad donde la población envejece, el cuidado de las personas mayores representa un desafío creciente. De acuerdo con la ONU [1], el envejecimiento de la población es un fenómeno mundial en la actualidad. Por esta razón, las soluciones para el cuidado de las personas mayores, en concreto los centros gerontológicos, forman parte de un sector en auge.

El modelo de Atención Centrada en la Persona se posiciona como un enfoque de trabajo en las residencias de personas mayores, enfocada en la calidad de vida y la atención personalizada, respetando los derechos de las personas residentes y sus familias [2], [3], [4]. Este enfoque busca empoderar a las personas residentes para que construyan su propio proyecto de vida, independientemente de sus capacidades [5], [6].

La aplicación del modelo de Atención Centrado en la Persona requiere que las personas trabajadoras dediquen tiempo de valor a las personas residentes [7], [8]. Sin embargo, las personas profesionales del sector de los cuidados dedican gran parte de su tiempo a realizar gestiones y registros de información internos reduciendo el tiempo para atender a las personas residentes [9]. Este desafío refleja la necesidad de optimizar los procesos internos de gestión.

Con el fin de mejorar la eficacia y eficiencia en estas tareas de gestión, se propone rediseñar una de las plataformas habituales de gestión mediante el enfoque en el diseño centrado en las personas, el Diseño Inclusivo y los criterios WCAG. En línea con las recomendaciones de la World Wide Web Consortium [10], una de las prácticas que podría mejorar no solo la eficiencia, sino también la usabilidad y la accesibilidad sería la aplicación de la interacción multimodal [11], [12]. La interacción multimodal implica el empleo de varios modos de comunicación entre la persona usuaria y la interfaz, como la voz, el tacto, los gestos y el movimiento ocular, lo que facilita una interacción más natural [10]. Dentro de la interacción multimodal, el uso de la interacción por voz puede conllevar beneficios tanto en el entorno laboral [13] como en el contexto de aprendizaje y formación [14].

Así, el propósito de este estudio es explorar la aplicación práctica de la interacción por voz en el sistema de gestión en el entorno de los centros gerontológicos. Se busca comprender los efectos de esta modalidad de interacción en un contexto sensible.

2. Metodología

Con el fin de alcanzar el objetivo previamente mencionado, en primer lugar, se han realizado seis entrevistas a personas profesionales sanitarias de perfiles diversos (Tabla 1), que dedican más de dos horas diarias a la tarea de registro, análisis y gestión de la información. En estas entrevistas, se ha buscado identificar las funciones susceptibles de optimización gracias a la integración de la interacción por voz en la plataforma de gestión.

En segundo lugar, se ha rediseñado la plataforma, teniendo en cuenta las necesidades identificadas en las entrevistas.

En tercer lugar, se ha testeado el rediseño planteado mediante el prototipo funcional y se han realizado entrevistas con tres personas profesionales sanitarias. Se ha evaluado cómo la interacción multimodal podría agilizar o entorpecer las tareas de gestión, identificando las consideraciones clave a tener en cuenta al aplicar este tipo de interacción. Las tres personas que participan en la tercera etapa metodológica son las personas 1, 2 y 3 de la Tabla 1. Todas las personas han participado de forma voluntaria y sin remuneración, después de otorgar su consentimiento para participar en el estudio.

Tabla 1: Definición de los perfiles de las personas participantes

N	Perfil	Tareas de gestión	Tiempo diario (h)	Uso de material adicional
1	Auxiliar enfermería	Seguimientos Controles Valoración PAI	3	Si
2	Enfermero/a	Seguimientos Controles Valoración PAI	3	Si
3	Médico/a	Seguimientos Valoración PAI Recetas Agenda	3	Si
4	Terapeuta ocupacional	Seguimientos Valoración PAI Agenda	2	Si
5	Psicóloga/o	Seguimientos Valoración PAI	2	Si
6	Coordinación	Mayoría de las funciones	5	Si

3. Resultados

Los resultados se presentan de acuerdo con el procedimiento metodológico llevado a cabo. En primer lugar, se detalla el análisis del procedimiento actual realizado con la participación de seis personas profesionales del centro gerontológico. En segundo lugar, se trabaja el rediseño de la plataforma, incorporando la interacción por voz. Por último, se evalúa este rediseño mediante un prototipo funcional.

3.1. Análisis del procedimiento actual

Los resultados de las seis entrevistas iniciales indican que las personas profesionales dedican una media de 3 horas de su jornada laboral para la revisión y registro de informes, siendo esta su primera y última tarea diaria. Durante las entrevistas, se identifican áreas en las que las personas profesionales consideran que la interacción multimodal podría mejorar su eficacia, específicamente en la revisión y registro de controles y seguimientos.

Es relevante señalar que, en la situación actual detallada en la Tabla 1, todas las personas profesionales emplean material adicional para tomar notas de eventos importantes a lo largo de la jornada. Al final de la jornada, invierten tiempo para trasladar esta información al software, generando una duplicación en las tareas.

En una de las entrevistas, la médica comentó lo siguiente: "Siempre llevo conmigo un pequeño cuaderno donde voy anotando todo lo que sucede. Si no, luego se me olvida o no puedo describirlo con tanta precisión, ya que, para cuando lo registro en el sistema, ha transcurrido cierto tiempo desde que sucedió el evento". Este testimonio subraya la necesidad de establecer un proceso de registro de información en el software que sea más inmediato y directo, con el propósito de reducir la duplicación de tareas. Esto permitiría que las personas profesionales dediquen más tiempo a brindar atención directa a las personas residentes.

3.2. Rediseño de la plataforma

Con el objetivo optimizar los procedimientos actuales para mejorar la eficiencia en las tareas de gestión, se propone un rediseño de la plataforma que incorpora las necesidades identificadas durante la fase de análisis. Entre otras mejoras, se ha implementado una función de audio para la descripción y el dictado de los seguimientos de las personas residentes, lo cual facilita el registro de informes y controles mediante comandos de voz.

No obstante, el equipo de diseño ha planteado la hipótesis de que la implementación de estas funciones podría enfrentar desafíos, particularmente debido a la sensibilidad de la información manejada. Este hecho, podría poner en riesgo el cumplimiento del Decálogo de la Atención Centrada en la Persona, ya que existe la posibilidad de comprometer la dignidad y faltar al respeto a la persona cuidada.

Por tanto, y considerando los beneficios que la interacción por voz puede brindar, se propone explorar otras funcionalidades de esta modalidad de interacción. Una alternativa podría ser emplear comandos de voz para filtrar la información o acceder a distintas secciones de la plataforma, lo que contribuiría a reducir la cantidad de pasos durante la interacción. De este modo, se considera que se podría potenciar la usabilidad y accesibilidad de la plataforma. Por lo tanto, estas funcionalidades también han sido prototipadas. Este giro busca garantizar una interacción eficiente sin el riesgo de comprometer la privacidad, la ética y el respeto hacia las personas residentes.

3.3. Evaluación del prototipo funcional

Después de analizar el procedimiento actual y rediseñar la plataforma, se ha desarrollado un prototipo funcional. Para su evaluación, profesionales del centro gerontológico han interactuado con el prototipo de manera guiada durante 45 minutos, seguido de una entrevista para recoger sus impresiones. Es importante destacar que, al anticipar la hipótesis de que la utilización de algunas de estas funciones podría afectar la dignidad de las personas, se ha optado por probar el prototipo en un entorno de laboratorio.

Las tres personas que han probado el prototipo señalan que todas las funcionalidades testadas podrían mejorar significativamente su eficiencia. No obstante, expresan su preferencia por conservar la multimodalidad, sosteniendo que la interacción por voz debería ser una opción adicional y no la única forma de interactuar. Aunque en las entrevistas iniciales no lo han considerado, están de acuerdo que el uso exclusivo de la voz podría no ser oportuno, incluso resultar perjudicial en caso de que no se establecen límites éticos para preservar la privacidad y la dignidad de las personas.

En la entrevista final, el enfermero expresó: "Creo que la interacción por voz podría agilizarme muchísimo el trabajo; paso más de media hora realizando filtrados, y estas funciones podrían hacerlo en cuestión de segundos. Sin embargo, es crucial utilizarlo siempre en un espacio cerrado, ya que involucra información confidencial y podría afectar incluso la salud de las personas residentes. Es una opción interesante, pero no puede ser la única, ya que no en todo momento se puede utilizar."

4. Discusión

Los resultados obtenidos subrayan la complejidad de implementar la interacción multimodal en entornos sensibles, como el cuidado de las personas mayores. Aunque la literatura respalda los beneficios de la multimodalidad en la mejora de la eficiencia, usabilidad y accesibilidad [12], en este estudio se identifica la necesidad de abordar consideraciones éticas y de privacidad en el diseño de estas interfaces. Se observa que las personas profesionales del centro gerontológico analizado prefieren la multimodalidad al uso exclusivo de la interacción por voz, ya que este podría tener repercusiones negativas en la privacidad y dignidad de las personas.

Un mal uso de la interacción por voz podría desencadenar una de las 17 interacciones detractoras identificada por el grupo de Bradford [15] en la guía "Mejorar el bienestar de las personas con demencia a través de nuestras interacciones cotidianas", específicamente la de "ignorar" a las personas mientras se habla. En otras palabras, registrar la información por voz frente a la persona sin involucrarla en la conversación o acción realizada, implica comportarse como si no estuviera presente, descuidando así las necesidades psicosociales de las personas. El argumento de que las personas con deterioro cognitivo "ya no se enteran", es una creencia común pero errónea y alejada de la corrección ética que falta el respeto a dichas personas [16]. De la misma manera, constituye una barrera para la inclusión de la persona, siendo esta una de las cinco necesidades psicosociales del ser humano según Kitwood [17]. Ignorar a la persona y dejarla en la invisibilidad contradice los principios fundamentales del buen trato para mejorar su bienestar [16], [18].

Además, en línea con el análisis de Yeasmin F. [19], se resalta la importancia de considerar la privacidad de los datos personales o de terceras personas al implementar la interacción por voz. La exposición de datos a terceros podría infringir el Decálogo de la Atención Centrada en la Persona [20], que subraya la dignidad inherente a todas las personas mayores, independientemente de su condición y su nivel de deterioro cognitivo.

Por otro lado, según la opinión de las personas participantes, utilizar la interacción por voz para realizar búsquedas o filtrar información puede ser una alternativa para mejorar la eficiencia de los procedimientos sin comprometer el trato adecuado a las personas. Este hallazgo destaca la viabilidad de diseñar soluciones que aumenten la eficiencia de las personas trabajadoras, permitiéndoles disponer de más tiempo de valor, al mismo tiempo que se preserva la ética y el respeto hacia las personas cuidadas.

Además de la interacción por voz, se considera que la adopción de otras tecnologías podría beneficiar las tareas de gestión del personal. Por ejemplo, para el caso de la profesional médica, reemplazar el cuaderno tradicional de notas por una tableta con tecnología de reconocimiento de texto manuscrito podría no solo minimizar la pérdida de información, sino que también evitar la duplicación de tareas, sin comprometer la privacidad de las personas residentes. Asimismo, el empleo de sistemas de inteligencia artificial para sintetizar la información y generar automáticamente un plan diario presenta un potencial notable. En el futuro, se deberían investigar y evaluar otros sistemas que, gracias al progreso tecnológico, puedan optimizar los procesos, siempre con el foco puesto en satisfacer las necesidades y promover el bienestar de las personas.

5. Limitaciones

Al interpretar los resultados de este estudio, es crucial considerar tres limitaciones fundamentales.

En primer lugar, la muestra de participantes es reducida, inicialmente compuesta por seis personas. Sin embargo, finalmente se redujo a tres profesionales que han estado involucrados en todas las etapas del proceso. Esta limitación podría obstaculizar la generalización de los hallazgos, ya que las singularidades individuales de estas personas participantes podrían no reflejar la diversidad total en contextos similares. Además, la naturaleza específica de la muestra, conformada exclusivamente por personas voluntarias, introduce la posibilidad de sesgos y restricciones en la aplicabilidad de los resultados a entornos más amplios y diversos.

Otra limitación crítica es la restricción del contexto de trabajar únicamente con personas profesionales de un centro gerontológico específico. Esto podría limitar la extrapolación de los resultados a otros entornos de cuidado, ya que las dinámicas y necesidades pueden variar significativamente. Además, al limitarse únicamente al contexto del cuidado de personas mayores, se corre el riesgo de pasar por alto la diversidad de escenarios donde la interacción por voz también podría desempeñar un papel crítico.

También es importante tener en cuenta que, en este caso, el testeo de la plataforma ha sido limitado en funciones y tiempo, y las personas profesionales lo han utilizado en un entorno de laboratorio. Además, es necesario tener en cuenta que las personas participantes han sido guiadas y observadas por el equipo de diseño, lo que podría influir en sus respuestas y comportamientos durante la prueba.

Estas limitaciones destacan la necesidad de futuras investigaciones con muestras más extensas y diversas, así como la exploración de distintos contextos, para validar y ampliar los resultados obtenidos en este estudio.

6. Conclusiones

En este estudio se han explorado los efectos de la implementar interfaces multimodales en entornos sensibles, particularmente en el cuidado de personas mayores. Los resultados preliminares destacan la importancia de considerar las complejidades éticas relacionadas con la interacción por voz, pese a sus claros beneficios en términos de eficiencia, usabilidad y accesibilidad.

La aplicación del diseño centrado en las personas busca mejorar la experiencia del usuario final y del resto de los agentes presentes en el contexto de uso. Tras aplicar este método en un entorno sensible, se ha comprobado que las personas cuidadas, a pesar de no ser usuarias directas, pueden verse afectadas por la manera en que las personas profesionales interactúan con sus herramientas de gestión.

En este sentido, se considera necesario el desarrollo de futuras investigaciones que analicen las consideraciones y directrices de diseño para su aplicación en interfaces multimodales en entornos sensibles. Estas directrices no solo deberían abordar los aspectos técnicos y de usabilidad, sino también establecer principios éticos sólidos que protejan la privacidad y la dignidad de las personas vulnerables en todo momento.

REFERENCIAS

[1] G. Luchsinger and United Nations. Department of Economic and Social Affairs, *World social report 2023 : leaving no one behind in an ageing world*. 2023.

[2] Health Foundation (Great Britain), *Person-centred care made simple : what everyone should know about person-centred care*. 2016.

[3] M. J. Koren, "Person-Centered Care For Nursing Home Residents: The Culture-Change Movement," *https://doi.org/10.1377/hlthaff.2009.0966*, vol. 29, no. 2, Aug. 2017, doi: 10.1377/HLTHAFF.2009.0966.

[4] T. Martínez, Á. Postigo, M. Cuesta, and J. Muñiz, "Person-Centred Care for older people: Convergence and assessment of users' relatives' and staff's perspectives," *J Adv Nurs*, vol. 77, no. 6, pp. 2916–2927, Jun. 2021, doi: 10.1111/JAN.14821.

[5] P. Díaz-Veiga *et al.*, "Efectos del Modelo de Atención Centrado en la Persona en la calidad de vida de personas con deterioro cognitivo de centros gerontológicos," *Rev Esp Geriatr Gerontol*, vol. 49, no. 6, pp. 266–271, Nov. 2014, doi: 10.1016/J.REGG.2014.06.003.

[6] "Dimensiones clave de la atención centrada en la persona." Accessed: Feb. 08, 2024. [Online]. Available: https://www.elsevier.com/es-es/connect/atencion-primaria-dimensiones-clave-de-la-atencion-centrada-en-la-persona

[7] I. Ekman, Z. Ebrahimi, and P. Olaya Contreras, "Person-centred care: Looking back, looking forward," *European Journal of Cardiovascular Nursing*, vol. 20, no. 2, pp. 93–95, Feb. 2021, doi: 10.1093/eurjcn/zvaa025.

[8] S. Brownie and S. Nancarrow, "Clinical Interventions in Aging Effects of person-centered care on residents and staff in aged-care facilities: a systematic review Clinical Interventions in Aging 2013:8," *Clin Interv Aging*, pp. 8–9, 2013, doi: 10.2147/CIA.S38589.

[9] D. Kriksciuniene and V. Sakalauskas, *Intelligent Systems for Sustainable Person-Centered Healthcare*. 2022. [Online]. Available: https://link.springer.com/bookseries/8578

[10] World Wide Web Consortium, "W3C." Accessed: Jan. 25, 2024. [Online]. Available: https://www.w3.org/

[11] S. Oviatt, "Flexible and robust multimodal interfaces for universal access," *Universal Access in the Information Society 2003 2:2*, vol. 2, no. 2, pp. 91–95, May 2003, doi: 10.1007/S10209-002-0041-7.

[12] A. Apraiz Iriarte, "Nuevo modelo de evaluación de la Interacción Persona-Robot en entornos industriales: ITPX-ROBOTS," 2023.

[13] J. W. Budd, P. J. Gollan, and A. Wilkinson, "New approaches to employee voice and participation in organizations," *Human Relations*, vol. 63, no. 3, pp. 303–310, Mar. 2010, doi: 10.1177/0018726709348938.

[14] I. Kondratova and B. Emond, "Voice interaction for training: Opportunities, challenges, and recommendations from hci perspective," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 12206 LNCS, pp. 59–75, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-50506-6_6/COVER.

[15] T. Martínez and F. Villar, "Mejorar el bienestar de las personas con demencia a través de nuestras interacciones cotidianas," 2022.

[16] T. Martínez, "Ruta buen trato," 2022.

[17] T. Kitwood and K. Bredin, "Towards a Theory of Dementia Care: Personhood and Well-being," *Ageing Soc*, vol. 12, no. 3, pp. 269–287, 1992, doi: 10.1017/S0144686X0000502X.

[18] Martínez T. and P. Diaz-Veiga, "Personas con demencia: comunicación y bienestar," 2022.

[19] F. Yeasmin, "PRIVACY ANALYSIS OF VOICE USER INTERFACES," Tampere University, 2020.

[20] C. Goodwin, "Person-Centered Care: A Definition and Essential Elements," *J Am Geriatr Soc*, vol. 64, no. 1, pp. 15–18, Jan. 2016, doi: 10.1111/JGS.13866.

Explorando la evaluación de la accesibilidad de páginas web de ayuntamientos por estudiantes de ingeniería informática utilizando un enfoque de aprendizaje-servicio

Francisco Iniesto
Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática
Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)
Madrid, España
finiesto@lsi.uned.es

Covadonga Rodrigo
Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática
Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)
Madrid, España
covadonga@lsi.uned.es

RESUMEN

Las Pautas de Accesibilidad para el Contenido de la Web (WCAG) han sido el estándar de facto para la evaluación de la accesibilidad web durante más de dos décadas y, por lo tanto, se han introducido en la legislación y los planes de estudio universitarios en Ingenierías Informáticas.

La utilidad de utilizar las WCAG para evaluar la accesibilidad web en contextos educativos es clara, pero la realidad es que tanto enseñar como aprender a aplicar las WCAG es complejo, y el desafío es aún mayor si los estudiantes no tienen las habilidades técnicas esperadas para la aplicabilidad de las WCAG. La accesibilidad no es un tema fácil de enseñar y aprender ya que involucra terminología y metodologías complejas, y además los estudiantes de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) son adultos con menos tiempo para compartir conocimientos entre otros.

En esta investigación se ha ensayado un enfoque humanista, más concretamente filosófico-educativo, como es el caso del aprendizaje-servicio (APS), que pueda conectar a nuestros alumnos con la realidad en la que se encuentran, valorando la accesibilidad de las páginas web de sus ayuntamientos.

Por lo tanto, proponemos el APS como un enfoque filosófico-educativo práctico, parte también de la formación ética que se necesita en los estudiantes de ingeniería, que ayude a responder a las preguntas y desafíos del Espacio Europeo de Educación Superior y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la UNESCO.

Interacción'24, Junio 19-21, 2024. A Coruña, España., Texto completo: https://doi.org/10.1145/3657242.3658591

CONCEPTOS CCS

• Usability testing • Accessibility design and evaluation methods •

PALABRAS CLAVE

Accesibilidad Web, Evaluación de Accesibilidad, Enfoque Aprendizaje y Servicio (APS)

AGRADECIMIENTOS

Investigación financiada por CLARA-HD (Computational Linguistic Approaches to Readability and Automatic Satisfaction-PID2020-116001RB-C32) y los proyectos de Innovación Docente 2023-2024 UNED.

PlanTEA 3.0: Una aplicación para la planificación, anticipación y comunicación para personas con TEA

Laura Morales
Escuela Superior de Informática
Universidad de Castilla-La Mancha
Ciudad Real, Spain
laura.morales@uclm.es

Carmen Lacave
Escuela Superior de Informática
Universidad de Castilla-La Mancha
Ciudad Real, Spain
carmen.lacave@uclm.es

Ana Isabel Molina
Escuela Superior de Informática
Universidad de Castilla-La Mancha
Ciudad Real, Spain
anaisabel.molina@uclm.es

ABSTRACT

En las personas con Trastorno del Espectro Autista, las habilidades relacionadas con la planificación y la flexibilidad mental suelen estar alteradas. Por tanto, contar con aplicaciones que les permita anticipar situaciones cotidianas e inevitables, como la asistencia a una cita médica, puede ser de gran utilidad para que puedan enfrentarse a estas actividades con menos ansiedad. En este artículo se describen las nuevas funcionalidades incorporadas en la aplicación PlanTEA, una *app* para dispositivos tipo *tablet* que permite a los niños con TEA y a sus familiares o cuidadores preparar la asistencia a consultas médicas. Los nuevos requisitos soportados por la aplicación son el resultado de dos evaluaciones, lo que han permitido obtener la última versión, PlanTEA 3.0.

CCS CONCEPTS

Social and professional topics → User characteristics → People with disabilities

Applied computing → Life and medical sciences → Health care information systems

KEYWORDS

Autismo, tecnología, planificación y anticipación, autonomía personal

1 Introducción

El Trastorno del Espectro Autista (TEA) se define como un trastorno del neurodesarrollo con una fuerte base genética, que se manifiesta desde una edad temprana. Se caracteriza por un retraso o deterioro en la adquisición de habilidades en una amplia variedad de dominios y conlleva comportamientos estereotipados, rutinas rígidas, intereses repetitivos y restringidos, así como déficits persistentes en la socialización, interacción recíproca y comunicación [1]. Es uno de los trastornos del neurodesarrollo emergentes más frecuentes en la primera infancia, aunque no es exclusivo de la edad infantil y juvenil, y afecta de forma significativa a la vida de la persona con TEA y a su entorno. El diagnóstico de este trastorno ha aumentado considerablemente en los últimos 40 años [2]. Según un informe reciente de la Organización Mundial de la Salud, se estima que 1 de cada 160 niños en el mundo (0,63%) tiene un TEA, aunque la prevalencia varía enormemente dependiendo del país y su capacidad diagnóstica. En el caso de España, la prevalencia es del 1%, similar a la media europea, lo que significa que puede haber unas 470.000 personas con esta condición [3]. Este trastorno presenta una gran variabilidad en sus manifestaciones (de ahí el término "espectro"), dependiendo de la gravedad o nivel de afectación [4], por lo que se puede decir que no hay dos individuos con TEA iguales. Esta variabilidad está influenciada por el desarrollo específico del individuo, así como por el apoyo que pueda recibir, la presencia de comorbilidad (la existencia de otros trastornos o enfermedades asociadas, como trastornos psiquiátricos o discapacidad intelectual) [5], y por el nivel de desarrollo del lenguaje. Por tanto, para su abordaje es necesario considerar la especificidad de cada paciente, siendo esencial que éste reciba apoyos individualizados, en función de sus circunstancias particulares y habilidades [4].

Para las personas con TEA, desenvolverse en ciertos entornos y situaciones que no les son familiares puede ser una fuente de ansiedad. Así, por ejemplo, hacer la compra en un supermercado, ir a una consulta médica o viajar con niños con TEA puede ser muy desafiante y estresante, tanto para los padres como para los niños [6]. El proporcionar apoyos a este colectivo de usuarios supone un reto para la comunidad científica, que trata de ofrecer soluciones y mecanismos para ayudar a las personas con TEA a manejar estas actividades cotidianas [7]. En estos casos, es habitual preparar con antelación la tarea a realizar (planificar) y explicar a la persona con TEA los detalles del procedimiento (anticipar) mediante los llamados "cuadernos de anticipación". Estos cuadernos ayudan a preparar al individuo a enfrentarse a una situación, porque desglosan los pasos que la componen mediante representaciones visuales (pictogramas) y frases descriptivas [8].

En este contexto, la tecnología puede aportar grandes beneficios, facilitando el aprendizaje y potenciando habilidades de desarrollo como la comunicación, la autonomía o la interacción social, entre otros [9]. En los últimos años, ha habido una gran proliferación de aplicaciones para apoyar a la población con TEA, pero la mayoría de ellas se centran en el entrenamiento cognitivo o el reconocimiento de emociones. De hecho, solo unas pocas dan soporte a la planificación y anticipación de tareas cotidianas, pero no permiten la incorporación y categorización de pictogramas e imágenes personalizadas (que representan objetos, lugares o personas conocidas por el usuario), ni contemplan distintos roles de usuario; no incorporan mecanismos de *comunicación alternativa y*

aumentativa[1], ni consideran la gestión de los tiempos de espera ni las recompensas; y las pocas que lo hacen, no son gratuitas. Además, la mayoría de los desarrollos existentes no tienen en cuenta las características específicas que deben soportar las aplicaciones software orientadas a la población TEA (procesamiento visual, diferenciación en la percepción sensorial, atención al detalle, predilección por una cierta rutina u orden, así como por ciertos sonidos, objetos y personas, es decir, adaptación a cada usuario) [10]. Por estas razones, los familiares y cuidadores siguen recurriendo a métodos artesanales (papel, plastificadora y cinta adhesiva) para crear sus propios "sistemas" que les permitan planificar y anticipar situaciones cotidianas.

Con el fin de paliar estas limitaciones, se desarrolló un prototipo de aplicación para *tablets*, llamada PlanTEA [11], para planificar y anticipar actividades en el contexto médico. Esta aplicación incorpora mecanismos de entretenimiento durante los tiempos de espera, métodos de refuerzo positivo (recompensas) e incluye un cuaderno de comunicación aumentativa y alternativa, con vocabulario específico del dominio médico, para facilitar la comunicación con el personal sanitario cuando sea necesario. La elección de este dominio se debe a que todos los niños TEA deben pasar por el médico en algún momento, al menos a las revisiones y vacunaciones habituales. Para el diseño de PlanTEA se consideraron las características y necesidades del usuario final, siguiendo la metodología del Diseño Centrado en el Usuario; para su desarrollo se siguieron las directrices de diseño de *software* orientado a usuarios con TEA [12], haciendo hincapié en facilitar su aceptación, usabilidad y experiencia del usuario (UX). La usabilidad y aceptación de PlanTEA fue evaluada en dos fases: en la primera participaron familiares de niños con TEA, terapeutas o especialistas en este trastorno, y desarrolladores de aplicaciones; en la segunda, un conjunto de expertos en UX y varias personas con TEA. Los resultados de ambas evaluaciones han proporcionado un conjunto de propuestas de mejora que han dado lugar a la versión actual de la aplicación, llamada PlanTEA 3.0.

El objetivo de este trabajo es describir y justificar las modificaciones realizadas que han dado lugar a la versión actual. Para ello, a continuación, se resumen los trabajos relacionados con el uso de las nuevas tecnologías por usuarios con TEA y la sección 2 describe los antecedentes que han dado lugar a la versión actual de PlanTEA. A continuación, la sección 3, ilustra dicha evolución, tanto en su diseño como en su funcionalidad. La sección 4 describe la forma de usar PlanTEA ilustrándolo a través de un escenario de uso. Por último, la sección 5 destaca las conclusiones derivadas del presente trabajo.

1.1. TIC y TEA

En los últimos años existe un interés creciente en ofrecer apoyos tecnológicos a usuarios con TEA [9]. Las nuevas tecnologías son bien aceptadas por este colectivo, que se siente motivado y cómodo en el entorno altamente predecible que las aplicaciones les ofrecen [13]. La mayor parte de estas aplicaciones se centran en ofrecer soportes en aquellas áreas que este tipo de usuarios tienen más afectadas, como son la comunicación [14], la socialización [15][16], la flexibilidad cognitiva y del comportamiento [17], la necesidad de anticipación [18], el reconocimiento de emociones [19], la autogestión [20] o el control de determinados estados emocionales, como la ansiedad y el estrés [21]. La mayoría de aplicaciones se han desarrollado para dispositivos móviles [22], como *smartphones* y *tablets* [23], así como otros dispositivos táctiles, como las mesas *multi-touch* [24][25]. Entre los desarrollos realizados destacan la creación de juegos serios para el aprendizaje y entrenamiento de habilidades comunicativas y sociales [26]. También se han explotado nuevos paradigmas de interacción, como la recreación de escenarios virtuales en aplicaciones de Realidad Virtual y Aumentada [27][14]. Estas aplicaciones proporcionan información sensorial, principalmente visual, pero también auditiva y háptica, que puede utilizarse para recrear y simular situaciones y entornos con los que el usuario con TEA pueda interactuar. En los últimos años está cobrando interés el empleo de robots sociales de asistencia (*socially assistive robots* o SARs) en intervenciones con personas con TEA, para trabajar aspectos como la regulación emocional y la empatía [28], así como la integración de soluciones móviles con dispositivos vestibles [29]. Gran parte de estos desarrollos han sido evaluados y han demostrado ser efectivos en la mejora y entrenamiento de las habilidades de comunicación y socialización de las personas con TEA [30], y todas ellas buscan, en última instancia mejorar la inclusión y calidad de vida de las personas con TEA y sus familiares [31].

2 Antecedentes

En esta sección se describe la aplicación PlanTEA y las evaluaciones que han dado lugar a la versión actual.

2.1 PlanTEA

PlanTEA es una aplicación para *tablet* para planificar y anticipar visitas médicas de personas con TEA haciendo uso de pictogramas o imágenes para especificar y visualizar los pasos de los que constan. Da soporte a dos tipos de usuario o roles: el planificador y el usuario TEA. El planificador será el encargado de crear y gestionar las planificaciones. El usuario TEA podrá consultar las planificaciones y anticipar así distintas situaciones mediante el seguimiento de una planificación creada por el planificador. La aplicación también incorpora un cuaderno de comunicación con vocabulario específico del ámbito clínico. El rol de usuario TEA es opcional ya que el planificador puede seguir una planificación y acceder al cuaderno de comunicación.

Una de las principales funcionalidades en PlanTEA es el soporte a la creación de planificaciones (Figura 1). Una planificación es una secuencia de pasos representados por pictogramas o imágenes. Su diseño se realiza añadiendo estos a una lista, mediante técnicas de

[1] Formas de expresión distintas al lenguaje hablado cuyo objetivo es aumentar el nivel de expresión (aumentativa) y/o compensar (alternativa) las dificultades de comunicación que algunas personas tienen en esta área.

manipulación directa (*drag & drop*), permitiendo también eliminarlos o modificar su orden.

Figura 2. Pantalla de "Creación de una planificación"

El seguimiento de una planificación creada (Figura 2) se realiza mediante la interacción (pulsación) con los pictogramas que la forman, simulándose así que dicho paso ha sido realizado.

Figura 3. Pantalla de "Visualización de una planificación"

En cuanto al soporte a la comunicación, PlanTEA incluye varios cuadernos de comunicación predefinidos (Figura 3), consistentes en colecciones de pictogramas del contexto sanitario.

Figura 4. Aspecto del "Cuaderno de comunicación"

2.2 Evaluación de PlanTEA

La evaluación de la usabilidad y aceptación de PlanTEA se ha realizado dos fases. La primera consistió en un estudio descriptivo transversal (Figura 4), basado en el uso de un cuestionario de percepción subjetiva [32], en el cual participaron 17 expertos de diversas áreas: familiares de niños con TEA, terapeutas o especialistas en este trastorno, y desarrolladores de aplicaciones.

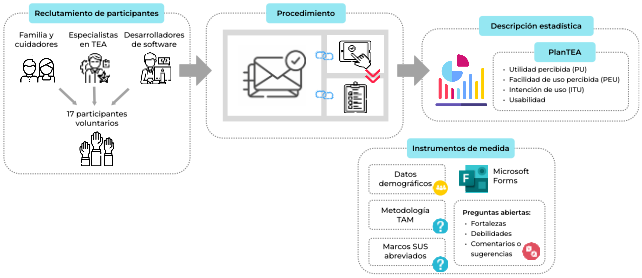


Figura 1. Diseño de la primera evaluación de PlanTEA

En la segunda fase se evaluó la UX de PlanTEA mediante una metodología y conjunto de instrumentos de evaluación de la UX de aplicaciones específicamente orientadas a usuarios TEA [33][34]. Como ilustra la Figura 5, dicha metodología consta de tres fases: en la primera se planifica la experiencia, se adaptan los documentos para que sean comprensibles para las personas TEA que participen en ella, se seleccionan los evaluadores (en este caso, fueron 10 expertos en TEA y/o UX) y después los participantes. En esta experiencia fueron 7 adultos TEA pertenecientes a la asociación AUTRADE[2] apoyados por dos técnicos de dicha asociación. En la etapa 2, se realiza una evaluación preliminar mediante una lista de propiedades, y después la aplicación a evaluar (PlanTEA) se usa tanto por parte de los evaluadores como de los participantes. En esta ocasión, contaron con el apoyo de los 2 técnicos de AUTRADE. Dos expertos en UX estuvieron presentes durante toda la experiencia para dar soporte con PlanTEA y las dudas que pudiera haber durante su uso. Además, todas las intervenciones fueron grabadas en vídeo. Finalmente, en la etapa 3, se identifican

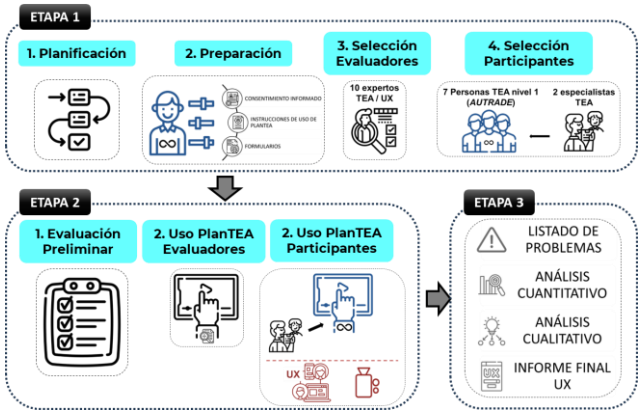


Figura 5. Diseño de la segunda evaluación de PlanTEA

[2] Asociación Regional de Afectados de Autismo y Otros Trastornos del Desarrollo

los problemas encontrados y se realiza el análisis cuantitativo y cualitativo de los datos para obtener el informe final.

Como resultado de estas evaluaciones, se identificaron una serie de problemas y limitaciones de la aplicación, que requerían de una atención especial y que debían ser abordados para garantizar una UX y accesibilidad óptima [38].

3 Evolución

En esta sección se detallan las decisiones de diseño e implementación que han dado lugar a la versión actual de PlanTEA en función de los resultados de las evaluaciones realizadas, así como las nuevas funcionalidades incorporadas.

3.1 Mejoras de diseño

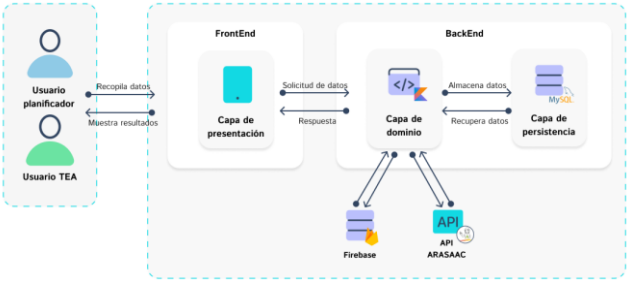
Con el fin de brindar una experiencia más accesible a los usuarios, para el rediseño de PlanTEA se siguieron las recomendaciones de *Material Design* [35] y la guía de WCAG 2.2 (*Web Content Accessibility Guidelines*) [36], además de principios básicos como el *Doherty Threshold* o las leyes de Gestalt. Una pauta fundamental de *Material Design* se centra en la tecnología de asistencia, la cual busca aumentar, mantener o mejorar las capacidades funcionales de las personas con discapacidades. Por tanto, se actualizó la dimensión de los componentes de interacción táctil de la interfaz de PlanTEA a 48 dp[3]. Otra mejora consistió en incorporar *hints* (indicadores) para describir los elementos en pantalla y *contentDescriptions* (descripciones de contenido) para que estos estuvieran accesibles para los lectores de pantalla como *Talkback*[4]. También se hizo uso de la delimitación y agrupación de elementos en pantalla, mediante el uso de bordes fácilmente identificables, para organizar la información y hacer que esta sea más fácil de asimilar y relacionar. En lugar de mostrar los elementos de forma aislada, se agruparon en contenedores visuales, como cuadros, tarjetas o secciones, creando una estructura visual clara, y ayudando a establecer relaciones visuales entre los elementos relacionados y a separarlos de otros contenidos.

Por otra parte, se ha actualizado el tipo de letra a la tipografía *Montserrat*, debido a su legibilidad, diseño limpio y proporciones equilibradas. También se ha cambiado la gama o paleta de colores utilizada, lo que mejora la diferenciación y contraste de los colores empleados, obteniendo una relación de 7.6:1, como se indica en la WCAG. Puesto que las personas con TEA pueden presentar también alguna comorbilidad de tipo perceptivo, se buscó que los colores fueran fácilmente distinguibles entre sí para ayudarles a procesar mejor la información visualmente y a identificar los elementos clave de una manera más efectiva. Estas mejoras cumplen con los estándares del nivel AA establecidos por la WCAG 2.2, asegurando, así, que la aplicación sea accesible para la mayoría de las personas.

También se aplicaron las heurísticas de Nielsen y se hizo una renovación de la estética de la aplicación para adoptar un diseño más minimalista. Este enfoque permitió reducir la carga visual en pantalla, proporcionando al usuario una guía más clara sobre las acciones disponibles en ella.

3.2 Implementación

PlanTEA 3.0 se ha desarrollado en *Kotlin* [5], lenguaje de programación que destaca por su concisión y expresividad, lo que facilita el desarrollo de aplicaciones Android robustas y modernas. Para garantizar la persistencia, la aplicación integra *Firebase*[6] para dar soporte al registro e inicio de sesión de los usuarios. Esta elección permitió centrar los esfuerzos en el desarrollo de las funciones específicas de la aplicación, confiando en la robustez y la seguridad que ofrece *Firebase*. Además, la aplicación se integra con la API de ARASAAC[7]. Esta organización proporciona un repositorio de pictogramas y recursos para la comunicación aumentativa y alternativa (AAC) y ofrece una API completa para facilitar el acceso a dichos recursos desde aplicaciones de terceros.



En la Figura 5 se muestra la arquitectura de la aplicación.

Figura 5. Arquitectura de PlanTEA 3.0

3.3 Funcionalidades de PlanTEA 3.0

A continuación, se describen las nuevas funcionalidades que incorpora la versión 3.0 de PlanTEA.

3.3.1 Creación y edición de planificaciones. En la anterior versión de PlanTEA se hacía uso de la técnica de *drag & drop* para añadir pictogramas a las planificaciones. Dicho mecanismo de **inserción de pictogramas** ha sido sustituido, siendo suficiente con seleccionar uno de ellos para que sea añadido a la lista de pasos de la planificación (Figura 6), lo cual simplifica considerablemente el proceso de creación de planificaciones. Al mismo tiempo, en cada pictograma que forma parte de una planificación se puede incluir un texto breve que permite incluir **recomendaciones o pautas de carácter social**, que pueden ser seguidas por la persona con TEA al enfrentarse a difíciles o confusas. Por otro lado, la nueva versión de PlanTEA incorpora un **buscador de pictogramas.** El usuario podrá introducir el elemento o concepto a representar en una barra

[3] Píxeles independientes de la densidad (dp), que son unidades flexibles que escalan para tener dimensiones uniformes en cualquier pantalla. Equivalen aproximadamente a un píxel de 0,75cm en una pantalla de densidad media (160 dpi)
[4] https://support.google.com/accessibility/android/topic/3529932

[5] Kotlin Programming Language (kotlinlang.org)
[6] https://firebase.google.com
[7] https://arasaac.org. Centro Aragonés de la Comunicación Aumentativa y Alternativa

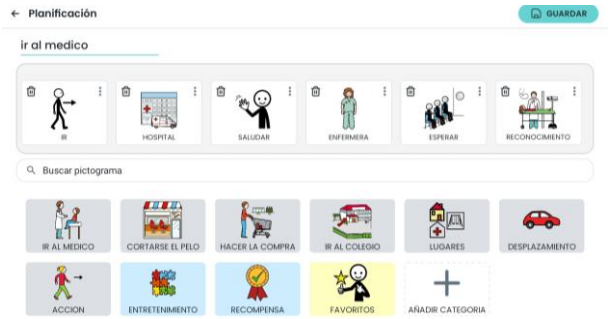


Figura 7. Pantalla de "Creación de una planificación"

de búsqueda, y la aplicación accederá a la base de datos de ARASAAC, devolviendo un conjunto de opciones de representación de dicho concepto. Si el usuario no encuentra el pictograma deseado entre los que devuelve la búsqueda, existe la posibilidad de incorporar pictogramas personalizados, así como incluir fotos desde la galería del dispositivo. Además, se ha incluido una sección de **pictogramas favoritos**, que permite al usuario acceder fácilmente a los pictogramas de uso más frecuente o preferidos.

3.3.2 Visualización de planificaciones. La novedad más destacada en cuanto a la visualización de las planificaciones es la posibilidad de **escuchar** la secuencia de pictogramas que compone la planificación, mientras esta se reproduce paso a paso, es decir, se ha incorporado una funcionalidad *text-to-speech* (Figura 7). Esta característica de reproducción auditiva y visual es especialmente beneficiosa para las personas con TEA [37]. Proporciona una experiencia multisensorial que puede contribuir significativamente al aprendizaje y la comprensión.

3.3.3 Creación y edición de cuadernos. La anterior versión de la aplicación incluía un cuaderno de comunicación predefinido, con vocabulario habitual en el ámbito sanitario. En la nueva versión de PlanTEA se permite la **creación y edición de cuadernos de comunicación personalizados**. Al igual que en el proceso de diseño de las planificaciones, la herramienta permite, mediante la búsqueda de pictogramas por nombre, así como la incorporación de nuevos pictogramas mediante el acceso a la galería del dispositivo. Ambas opciones permiten la creación de sistemas AAC personalizados y adaptados a los gustos e intereses del usuario TEA.

Figura 8. Pantalla de "Cuadernos de comunicación"

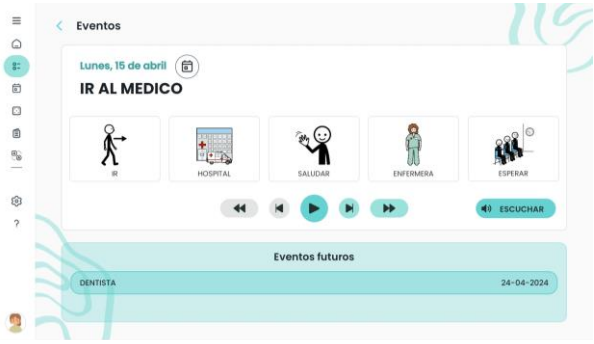


Figura 6. Pantalla de "Reproducción de una planificación"

3.3.4 Traductor de pictogramas. Con el propósito de facilitar el proceso de diseño de las planificaciones, se ha incorporado un **traductor texto-a-pictogramas**. Esta nueva funcionalidad toma la frase introducida por el usuario y la traduce**,** palabra por palabra, en una representación visual basada en pictogramas (Figura 9). Si una palabra puede ser representada por varios pictogramas, se da la opción al usuario de elegir el que mejor se ajuste a sus gustos o preferencias, alternando mediante *clics* entre las opciones que le ofrece la aplicación.

La aplicación también ofrece la opción de escuchar la frase traducida, proporcionando una experiencia multimodal, más completa y accesible para los usuarios. Asimismo, la traducción resultante puede ser almacenada como una planificación, permitiendo así un fácil acceso y referencia futura a la misma.

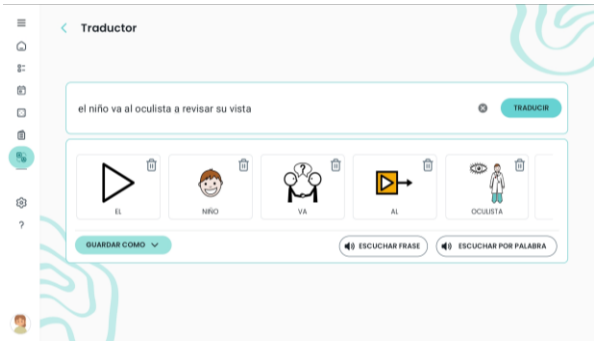


Figura 9. Aspecto de la funcionalidad "*Traductor texto-a-pictogramas*"

3.3.5 Multidispositivo. La versión anterior sólo estaba accesible para dispositivos de tipo *tablet.* En la nueva versión se ha mejorado la **portabilidad** y puede usarse en **dispositivos *smartphones*** (Figura 10) con sistema operativo *Android*.

3.3.6 Modo oscuro. En la nueva versión de la aplicación se ha incorporado el **modo oscuro** para mejorar el contraste y, por tanto, la accesibilidad de la aplicación.

3.3.7 Gestión de usuarios. Otra novedad incluida en la última versión de PlanTEA es el registro e inicio de sesión en la aplicación. Incorporar esta funcionalidad permite que cada usuario puede crear una cuenta personalizada, accediendo a ella con sus credenciales. Esto permite que la aplicación pueda ser utilizada por varios usuarios en un mismo dispositivo. El formulario de registro solicita

información en varios campos: nombre del usuario con rol planificador, nombre del usuario con rol planificado, nombre de usuario de la cuenta, contraseña y un campo opcional, para especificar la llamada *actividad tranquilizadora*, la cual se define como una actividad (o necesidad de portar algún objeto) que calma a la persona con TEA.

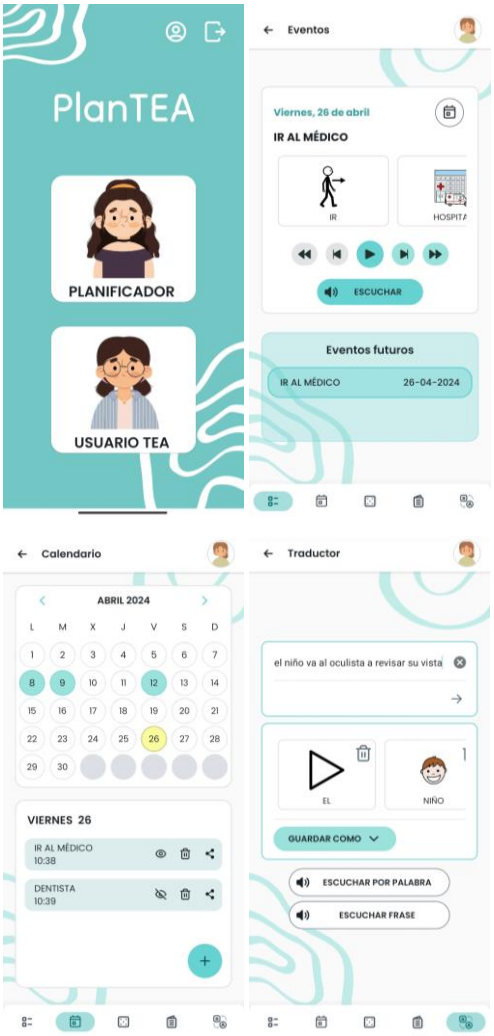


Figura 10. Capturas de pantalla de la versión de PlanTEA para *smartphones*

Si el usuario ha introducido los datos correctamente, el proceso seguirá con la elección de los avatares o representaciones visuales de los usuarios (Figura 11), que personalizan sus perfiles en la aplicación.

Figura 11. Pantalla de selección del avatar planificador

Para el inicio de sesión, el planificador deberá introducir su correo electrónico y contraseña o bien podrá acceder con una cuenta personal de *Google*. Siempre puede editar los datos del perfil desde la pantalla de configuración (Figura 13) y modificar los nombres y avatares, tanto del usuario planificador como del usuario TEA, así como el objeto o actividad relajante.

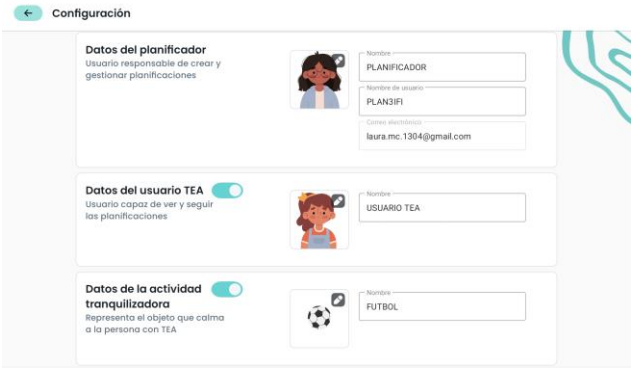


Figura 12. Pantalla de "Configuración"

4 Uso de PlanTEA

Teniendo en cuenta las funcionalidades descritas en la sección anterior, en la Figura 14 se muestra el esquema de uso de PlanTEA. En el rol Planificador, se registra el familiar, cuidador o terapeuta de la persona TEA, encargado de diseñar la secuencia de pictogramas que representa la situación ansiógena. Para ello, puede hacer uso de las categorías de pictogramas predefinidas, así como del buscador y el traductor de texto a pictogramas. La persona TEA podrá anticipar la situación mediante la reproducción visual y/o por voz de la secuencia planificada, así como usar PlanTEA como soporte durante la propia exposición a la situación. En este caso, tendrá accesible la planificación diseñada en la que podrá ir marcando los pictogramas que representan los pasos que ya se han realizado, así como los que quedan por completar, junto con las pautas sociales correspondientes, el cuaderno de comunicación, la actividad tranquilizadora y las recompensas previstas.

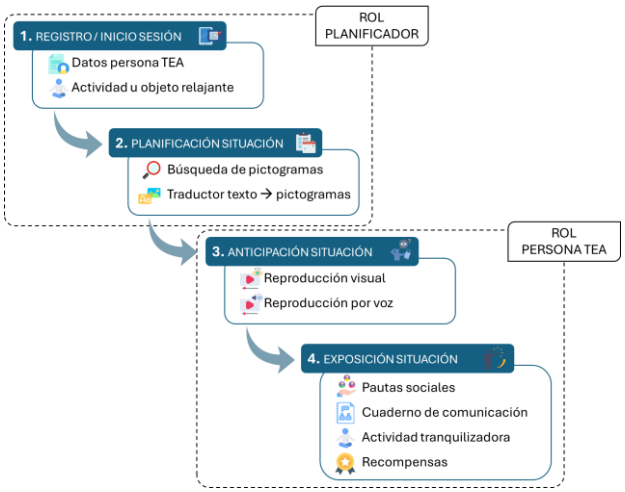


Figura 13. Esquema de uso de PlanTEA

4.1 Escenario de uso

En esta sección se ejemplificará el uso de PlanTEA a través del siguiente escenario: "Hugo es un niño autista, al que le encanta oír música con sus auriculares, ver vídeos en YouTube y jugar en los columpios del parque. El 20 de febrero a las 9:30 de la mañana debe acudir a su centro de salud a vacunarse. Su madre ha conocido PlanTEA y quiere usarla para hacerle la situación menos estresante".

En este escenario, la madre de Hugo actuaría con el rol planificador. La primera vez que use PlanTEA, comenzará registrándose en la aplicación para introducir sus datos y los de su hijo, así como para definir el uso de los auriculares como actividad tranquilizadora (Figura 13). En sucesivos accesos a PlanTEA, bastará con que inicie sesión en la *app*. A continuación, seleccionaría el día 20 de febrero en el calendario, definiría la hora de la cita médica (9:30 am) y pasaría a definir la secuencia de pictogramas que describe el proceso que se sigue para que administren la vacuna a Hugo (Figura 14).

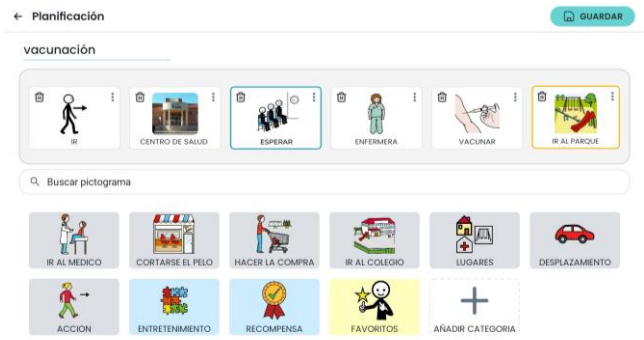


Figura 14. Creación de la planificación del escenario de uso

En este caso, la planificación consta de la secuencia de pictogramas: IR → CENTRO DE SALUD (representado por una fotografía real del centro médico) → ESPERAR → ENFERMERA → VACUNAR → IR AL PARQUE (recompensa). Además, se ha especificado que Hugo puede escuchar música (actividad relajante) mientras este esperando su turno. También se le indica que debería "*decir hola o saludar con la mano*" cuando entre a la consulta acompañado de la enfermera. Por último, su madre ha incluido como recompensa ir al parque.

Finalizado el diseño de la planificación, sería Hugo quien usaría PlanTEA con ayuda de su madre, que haría de guía en el proceso de anticipación y de exposición a la situación. En ambos casos, se comienza seleccionando el día 20 de febrero en el calendario para poder consultar la actividad planificada para ese día. La visualización de la planificación podrá hacerse de distintos modos: de forma manual, seleccionando uno a uno los pictogramas o imágenes de los que consta la secuencia, o de forma automática, haciendo uso de las opciones de reproducción. En ambos casos, la visualización puede complementarse con la reproducción en audio del texto asociado a los pictogramas. Al llegar al turno del pictograma ESPERAR, aparecerá un aviso indicando que puede usar los cascos para escuchar música (Figura 15.a). Por otra parte, el pictograma ENFERMERA, tiene asociada una pauta social, que le avisa que debe "*decir hola o saludar con la mano*" (Figura 15.b). Por último, y una vez finalizada la secuencia de pasos, podrá obtener como recompensa ir al parque (Figura 15.c).

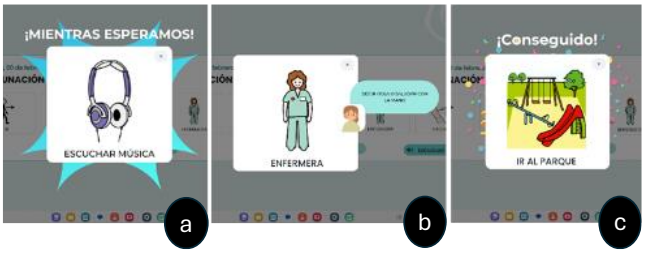


Figura 15. Visualización de distintos tipos de pictogramas: a) con pautas sociales; b) actividad relajante; c) recompensa.

5 Conclusiones

En este trabajo se ha presentado la evolución de PlanTEA, un prototipo para dispositivos móviles, para facilitar a las personas con TEA (y, por ende, a su entorno), la realización de ciertas actividades que les generan mucha ansiedad por salirse de su rutina, como puede ser la visita al médico. Para ello, PlanTEA permite planificar la situación ansiógena mediante el uso de pictogramas. De este modo, la persona con TEA puede anticipar y entrenarse para abordar dicha situación mediante la visualización de la secuencia de pasos de los que consta, tantas veces como sea necesario. El estado actual de PlanTEA es fruto de la evaluación de la experiencia del usuario del prototipo anterior (PlanTEA 2.0), en la que intervinieron personas con TEA, y en la que se siguió una metodología y conjunto de instrumentos específicamente orientadas a este tipo de usuarios. La aplicación ha experimentado mejoras en su diseño, así como la ampliación de las funcionalidades soportadas, entre las que destaca la inclusión de un buscador de pictogramas, la escucha simultánea durante la visualización de las planificaciones, el traductor de texto a secuencia de pictogramas, la creación y edición de cuadernos de comunicación y la portabilidad para su uso en teléfonos móviles. Como trabajo futuro se pretende realizar el despliegue de la aplicación en la *web*, así como la mejora de ciertos aspectos de accesibilidad, además de la evaluación de

esta nueva versión con el fin de mejorarla antes de ponerla a disposición de la sociedad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido desarrollado en el contexto del Proyecto APTEA, financiado por el MICIN/AEI/0.13039/501100000033 y los fondos de la Unión Europea "NextGenerationEU"/PRTR; del Proyecto PlanTEAAF (Ref. 2022-GRIN-34175), financiado por la Universidad de Castilla-La Mancha y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional; y de los convenios de colaboración con la Asociación Regional de Afectados de Autismo y Otros Trastornos del Desarrollo (AUTRADE) (Ref. 220413CONV) y la Federación Autismo Castilla-La Mancha (FACLM) (Ref. 230405CONV).

REFERENCIAS

[1] C. Lord, M. Elsabbagh, G. Baird, and J. Veenstra-Vanderweele, "Autism spectrum disorder," *Lancet*, vol. 392, no. 10146, pp. 508–520, 2018, doi: 10.1016/S0140-6736(18)31129-2.

[2] L. Friedman and A. Sterling, "A Review of Language, Executive Function, and Intervention in Autism Spectrum Disorder," *Semin. Speech Lang.*, vol. 40, no. 04, pp. 291–304, Aug. 2019, doi: 10.1055/s-0039-1692964.

[3] P. Morales-Hidalgo, J. Roigé-Castellví, C. Hernández-Martínez, N. Voltas, and J. Canals, "Prevalence and Characteristics of Autism Spectrum Disorder Among Spanish School-Age Children," *J. Autism Dev. Disord.*, vol. 48, no. 9, pp. 3176–3190, Sep. 2018, doi: 10.1007/s10803-018-3581-2.

[4] I. G. Galán-López, S. Lascarez-Martínez, M. F. Gómez-Tello, and M. A. Galicia-Alvarado, "Abordaje integral en los trastornos del neurodesarrollo," *Rev. del Hosp. Juárez México*, vol. 84, no. 1, pp. 19–25, 2017.

[5] N. Brondino *et al.*, "Prevalence of Medical Comorbidities in Adults with Autism Spectrum Disorder," *J. Gen. Intern. Med.*, vol. 34, no. 10, pp. 1992–1994, 2019, doi: 10.1007/s11606-019-05071-x.

[6] I. Y. Afif *et al.*, "Physiological Effect of Deep Pressure in Reducing Anxiety of Children with ASD during Traveling: A Public Transportation Setting," *Bioengineering*, vol. 9, no. 4, p. 157, 2022, doi: 10.3390/bioengineering9040157.

[7] P. Pérez-Fuster, J. Sevilla, and G. Herrera, "Enhancing daily living skills in four adults with autism spectrum disorder through an embodied digital technology-mediated intervention," *Res. Autism Spectr. Disord.*, vol. 58, no. December 2017, pp. 54–67, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.rasd.2018.08.006.

[8] N. P. Friedman and A. Miyake, "Unity and diversity of executive functions: Individual differences as a window on cognitive structure," *Cortex*, vol. 86, pp. 186–204, Jan. 2017, doi: 10.1016/j.cortex.2016.04.023.

[9] K. Valencia, C. Rusu, D. Quiñones, and E. Jamet, "The Impact of Technology on People with Autism Spectrum Disorder: A Systematic Literature Review," *Sensors*, vol. 19, no. 20, p. 4485, Oct. 2019, doi: 10.3390/s19204485.

[10] B. Groba, "Impacto de las tecnologías de la información y las comunicaciones en el funcionamiento en la vida diaria de niños con trastorno del espectro del autismo," Universidade da Coruña, 2015. [Online]. Available: http://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/16132

[11] P. Hernández, A. I. Molina, C. Lacave, C. Rusu, and A. Toledano-González, "PlanTEA: Supporting Planning and Anticipation for Children with ASD Attending Medical Appointments," Appl. Sci., vol. 12, no. 10, p. 5237, May 2022, doi: 10.3390/app12105237

[12] Y. P. C. Aguiar, E. Galy, A. Godde, M. Trémaud, and C. Tardif, "AutismGuide: a usability guidelines to design software solutions for users with autism spectrum disorder," *Behav. Inf. Technol.*, vol. 41, no. 6, pp. 1132–1150, Apr. 2022, doi: 10.1080/0144929X.2020.1856927.

[13] S. Strickroth, D. Zoerner, T. Moebert, A. Morgiel, and U. Lucke, "Game-Based Promotion of Motivation and Attention for Socio-Emotional Training in Autism Exploring the Secrets of Facial Expressions by Combining Minecraft and a Mobile App," *I-Com*, vol. 19, no. 1, pp. 17–30, 2020, doi: 10.1515/icom-2020-0003.

[14] H. Almurashi, R. Bouaziz, W. Alharthi, M. Al-Sarem, M. Hadwan, and S. Kammoun, "Augmented Reality, Serious Games and Picture Exchange Communication System for People with ASD: Systematic Literature Review and Future Directions," *Sensors*, vol. 22, no. 3, p. 1250, Feb. 2022, doi: 10.3390/s22031250.

[15] L. Balderaz, "Social Skills Interventions for Adults with ASD: A Review of the Literature," *J. Psychosoc. Rehabil. Ment. Heal.*, vol. 7, no. 1, pp. 45–54, 2020, doi: 10.1007/s40737-020-00158-9.

[16] F. Ke, K. Whalon, and J. Yun, "Social Skill Interventions for Youth and Adults With Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review," *Rev. Educ. Res.*, vol. 88, no. 1, pp. 3–42, Feb. 2018, doi: 10.3102/0034654317740334.

[17] A. Pasqualotto, N. Mazzoni, A. Bentenuto, A. Mulè, F. Benso, and P. Venuti, "Effects of cognitive training programs on executive function in children and adolescents with autism spectrum disorder: A systematic review," *Brain Sci.*, vol. 11, no. 10, 2021, doi: 10.3390/brainsci11101280.

[18] L. Desideri, A. Di Santantonio, N. Varrucciu, I. Bonsi, and R. Di Sarro, "Assistive Technology for Cognition to Support Executive Functions in Autism: a Scoping Review," *Adv. Neurodev. Disord.*, vol. 4, no. 4, pp. 330–343, 2020, doi: 10.1007/s41252-020-00163-w.

[19] M. A. Rashidan *et al.*, "Technology-Assisted Emotion Recognition for Autism Spectrum Disorder (ASD) Children: A Systematic Literature Review," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 33638–33653, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3060753.

[20] G. L. C. Chia, A. Anderson, and L. A. McLean, "Use of Technology to Support Self-Management in Individuals with Autism: Systematic Review," *Rev. J. Autism Dev. Disord.*, vol. 5, no. 2, pp. 142–155, 2018, doi: 10.1007/s40489-018-0129-5.

[21] S. Carlier, S. Van der Paelt, F. Ongenae, F. De Backere, and F. De Turck, "Empowering children with ASD and their parents: Design of a serious game for anxiety and stress reduction†," *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 4, 2020, doi: 10.3390/s20040966.

[22] S. J. Moon *et al.*, "Mobile device applications and treatment of autism spectrum disorder: a systematic review and meta-analysis of effectiveness," *Arch. Dis. Child.*, vol. 105, no. 5, pp. 458–462, 2020, doi: 10.1136/archdischild-2019-318258.

[23] E. R. Hong, S. Kawaminami, L. Neely, K. Morin, J. L. Davis, and L. yuan Gong, "Tablet-based interventions for individuals with ASD: Evidence of generalization and maintenance effects," *Res. Dev. Disabil.*, vol. 79, no. January, pp. 130–141, 2018, doi: 10.1016/j.ridd.2018.01.014.

[24] W. Chen, "Multitouch tabletop technology for people with autism spectrum disorder: A review of the literature," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 14, no. 1877, pp. 198–207, 2012, doi: 10.1016/j.procs.2012.10.023.

[25] E. Gal, L. Lamash, N. Bauminger-Zviely, M. Zancanaro, and P. L. Weiss, "Using multitouch collaboration technology to enhance social interaction of children with high-functioning autism," *Phys. Occup. Ther. Pediatr.*, vol. 36, no. 1, pp. 46–58, 2016, doi: 10.3109/01942638.2015.1040572.

[26] A. P. de Carvalho, C. S. Braz, S. M. dos Santos, R. A. C. Ferreira, and R. O. Prates, "Serious Games for Children with Autism Spectrum Disorder: A Systematic Literature Review," *Int. J. Human–Computer Interact.*, pp. 1–28, 2023.

[27] L. Almazaydeh, R. Al-Mohtadi, M. Abuhelaleh, and A. Al Tawil, "Virtual reality technology to support the independent living of children with autism," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 12, no. 4, p. 4111, Aug. 2022, doi: 10.11591/ijece.v12i4.pp4111-4117.

[28] J. DiPietro, A. Kelemen, Y. Liang, and C. Sik-Lanyi, "Computer-and robot-assisted therapies to aid social and intellectual functioning of children with autism spectrum disorder," *Med.*, vol. 55, no. 8, pp. 1–18, 2019, doi: 10.3390/medicina55080440.

[29] Y. Koumpouros and T. Kafazis, "Wearables and mobile technologies in Autism Spectrum Disorder interventions: A systematic literature review," *Res. Autism Spectr. Disord.*, vol. 66, no. June, p. 101405, 2019, doi: 10.1016/j.rasd.2019.05.005.

[30] P. W. S. Leung, S. X. Li, C. S. O. Tsang, B. L. C. Chow, and W. C. W. Wong, "Effectiveness of using mobile technology to improve cognitive and social skills among individuals with autism spectrum disorder: Systematic literature review," *JMIR Ment. Heal.*, vol. 8, no. 9, pp. 1–16, 2021, doi: 10.2196/20892.

[31] J. M. Hrabal, T. N. Davis, and M. K. R. Wicker, "The Use of Technology to Teach Daily Living Skills for Adults with Autism: a Systematic Review," *Adv. Neurodev. Disord.*, no. 0123456789, 2022, doi: 10.1007/s41252-022-00255-9.

[32] P. Azad-Khaneghah, N. Neubauer, A. Miguel Cruz, and L. Liu, "Mobile health app usability and quality rating scales: a systematic review," *Disabil. Rehabil. Assist. Technol.*, vol. 16, no. 7, pp. 712–721, 2021

[33] K. Valencia, C. Rusu, and F. Botella, *A Preliminary Methodology to Evaluate the User Experience for People with Autism Spectrum Disorder*, vol. 12774 LNCS, no. 1. Springer International Publishing, 2021. doi: 10.1007/978-3-030-77626-8_37.

[34] K. Valencia, F. Botella, and C. Rusu, "A Property Checklist to Evaluate the User Experience for People with Autism Spectrum Disorder," in *HCII 2022: Social Computing and Social Media: Design, User Experience and Impact*, vol. 13315, no. Lecture Notes in Computer Science, Springer International Publishing, 2022, pp. 205–216. doi: 10.1007/978-3-031-05061-9_15.

[35] Google, "Accessibility – Material design 3," 2021. https://m3.material.io/foundations/accessible-design/accessibility-basics

[36] W3C - Web Accessibility Initiative (WAI), "Accessibility Guidelines Working Group. WCAG 2 Overview," 2023. https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/

[37] J. Vives-Vilarroig, P. Ruiz-Bernardo, and A. García-Gómez, "Sensory integration and its importance in learning for children with autism spectrum disorder," *Cad. Bras. Ter. Ocup.*, vol. 30, 2022.

[38] K. Valencia, P. Hernández del Mazo, A.I. Molina, C. Lacave, C. Rusu, and F. Botella, "UX evaluation of PlanTEA, an application for planning and anticipating medical appointments for users with ASD," *Univ. Access Inform. Soc.*, Under Review.

Definición de métricas para extraer un perfil de usuario

Alberto Gaspar
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria. Departament d'informàtica.
Universitat de València. Valencia, Avenida de la Universidad s/n, 46100 Burjassot
alberto.gaspar@uv.es

José Ignacio Panach
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria. Departament d'informàtica.
Universitat de València. Valencia, Avenida de la Universidad s/n, 46100 Burjassot
joigpana@uv.es

Miriam Gil
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria. Departament d'informàtica.
Universitat de València. Valencia, Avenida de la Universidad s/n, 46100 Burjassot
miriam.gil@uv.es

Verónica Romero
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria. Departament d'informàtica.
Universitat de València. Valencia, Avenida de la Universidad s/n, 46100 Burjassot
veronica.romero@uv.es

ABSTRACT

Las interfaces inteligentes tienen como objetivo adaptar los elementos gráficos en tiempo de ejecución en base al perfil del usuario que está interactuando con el sistema. Para llevar a cabo esta adaptación, el sistema debe extraer el perfil del usuario de la forma menos intrusiva posible. Para automatizar este proceso, se deben definir mecanismos de extracción de las características del usuario mientras interactúa con el sistema en sus acciones habituales. La contribución de este trabajo es la propuesta de unas métricas encargadas de recopilar las características de usuario necesarias para definir el perfil de usuario. Las características se almacenarán en un modelo de usuario previamente definido. Estas métricas se han definido a partir de trabajos previos, donde como contribución de este artículo hemos definido los parámetros para calcularlas. Además, hemos diferenciado las métricas que se pueden calcular de forma automática, de las que deben calcularse manualmente. Este trabajo es un paso más para definir una metodología que permita diseñar interfaces de usuario inteligentes capaces de adaptarse en tiempo de ejecución a las características del usuario en función de cómo lo hicieron usuarios con similares características. A modo de ejemplo ilustrativo se muestra un caso práctico donde se ve cómo extraer las métricas propuestas.

CCS CONCEPTS

• Information systems • Human-centered computing Human computer interaction (HCI) • Computing methodologies~ Artificial intelligence • Computers and society

KEYWORDS

Perfil de usuario, métricas de usuario, Características de usuario, Adaptación.

ACM Reference format:

Alberto Gaspar, Miriam Gil, José Ignacio Panach and Verónica Romero. 2024. Definición de métricas para extraer un perfil de usuario. In *Proceedings of INTERACCIÓN 2024.*

1 Introducción

Las interfaces de usuario inteligentes (IUI) son un subcampo parte de la interacción persona-ordenador (IPO) centrado en mejorar la experiencia de usuario, la usabilidad y el compromiso de los usuarios que interactúan con el sistema. Para ello, estas interfaces establecen una serie de reglas y comportamientos para adaptar los elementos de la interfaz gráfica a las diferentes características de los usuarios. Para lograr esto, es necesario comprender cómo interactúan los usuarios con los sistemas y diseñar interfaces de usuario adaptables [1]. Uno de los aspectos más importantes a la hora de implementar una IUI es establecer cómo extraer las características del usuario. Para ello, estos sistemas implementan un conjunto de métricas de usuario. Hou et al. [2], definen una métrica de usuario como una medida que tiene como objetivo extraer las características del usuario mientras éste interactúa con el sistema para capturar las características de los usuarios y las configuraciones que el usuario espera del sistema. La información obtenida de estas métricas de usuario permite al sistema definir su perfil de usuario. El perfil de usuario se define como el conjunto virtual de los datos y configuraciones personales que permite identificar a los usuarios en el sistema y da la posibilidad de analizar y visualizar el tipo de usuarios que interactúan con el sistema [3].

Adaptar la interfaz de usuario específicamente a las características de cada perfil de usuario es un proceso muy complejo porque sería necesario crear una interfaz específica para cada perfil de usuario. Para solucionarlo, es necesario definir un conjunto de grupos diferenciados de perfiles de usuario que agrupen a los usuarios en función de sus características comunes, de forma que el sistema pueda adaptarse a cada grupo de perfiles de usuario [4]. Por ejemplo, en un comercio electrónico cuando la métrica de usuario detecta que el usuario se encuentra en un país donde se paga en euros, el sistema puede definir diferentes grupos de perfil de usuario en función de la opción de pago y mostrar el precio del producto en euros. Otro ejemplo podría ser en una tienda de videojuegos, donde el sistema puede establecer diferentes grupos de perfiles de usuario en función de la edad del usuario y ajustar

los videojuegos mostrados a la edad del usuario y a la edad PEGI (pan european game information) de dicho videojuego.

Automatizar el proceso de extracción de características de usuario es un proceso complejo de implementar, pero aporta una serie de beneficios. La automatización de este proceso ayuda a aumentar la eficiencia de dicho proceso porque ayuda a reducir el tiempo necesario para procesar la información. También permite reducir el coste y el tiempo necesario para recogerlas porque se procesan mientras el usuario interactúa con el sistema. La automatización permite aumentar la precisión de los valores obtenidos ya que de esta manera el sistema evita considerar posibles errores humanos que el usuario realice cuando rellene los formularios, como puede ser poner mal su ubicación. Por último, esta automatización permite a los sistemas adaptarse en tiempo de ejecución a los diferentes cambios que tengan las características de los usuarios puesto que permite actualizar la información del usuario en cada interacción con el sistema. [5, 6].

Para extraer el perfil del usuario, es necesario definir las características de usuario. Para ello, previamente, hemos publicado un modelo de usuario que contiene las características de usuario necesarias para poder definir a los usuarios que interactúan con el sistema. Las métricas presentadas en este artículo buscan obtener las características necesarias para rellenar este modelo de usuario [7].

La principal contribución de este artículo es la propuesta de un conjunto de métricas de usuario para extraer las características de los usuarios necesarias para implementar correctamente el perfil de usuario (almacenado en el modelo de usuario). Estas métricas propuestas se han extraído de trabajos previos. El principal problema es que estos trabajos previos no especifican los parámetros concretos para calcular el valor de las métricas. Nuestra contribución, además de la identificación de las métricas en la literatura existente, consiste en la definición de estos parámetros. Las métricas identificadas se han clasificado en métricas automáticas (el sistema puede recogerlas automáticamente) o métricas manuales (el usuario necesita introducir el valor de estas métricas). Se pretende que el número de métricas automáticas sea el mayor posible.

Esta contribución se enmarca en un proyecto más ambicioso donde se plantea como próximos pasos definir los diferentes grupos de perfiles de usuario, definir las reglas a seguir para clasificar a los usuarios en cada grupo de perfil de usuario e implementar los comportamientos necesarios para adaptar los componentes de la Interfaz Gráfica de Usuario (IGU).

El trabajo está estructurado de la siguiente manera. En la sección 2 se presentan una serie de trabajos previos. La sección 3 presenta las diferentes métricas de usuario definidas, clasificándolas en métricas manuales y métricas automáticas. La sección 4 presenta un ejemplo de sistema que hace uso de las métricas. Finalmente, la sección 5 presenta las diferentes conclusiones y trabajo futuro.

2 Estado del arte

La extracción de perfiles de usuario desempeña un papel activo en diversos dominios como el desarrollo de videojuegos, los sistemas de recomendación, o el comercio electrónico. En todos estos dominios se han llevado a cabo trabajos centrados en la obtención de las características de los usuarios de la forma más automática posible y en superar las dificultades existentes.

Definir métricas de usuario presenta una serie de retos. Algunos retos están relacionados con el uso de técnicas de aprendizaje automático. La complejidad computacional necesaria para definir cada una de las métricas de usuario y el tiempo necesario para definir estas métricas son considerados los retos más importantes. Dicha complejidad computacional viene dada por el alto volumen y variedad de información necesaria para que los algoritmos recojan y clasifiquen correctamente dicha información, en este caso, las características de los usuarios [8]. Otro reto derivado de esto consiste en determinar los falsos positivos y negativos. En otras palabras, determinar cuándo una clasificación errónea de una característica de usuario se debe a un mal entrenamiento del algoritmo y cuándo se debe a un diseño incorrecto de la métrica [9]. La privacidad de los datos de los usuarios se trata de un reto de definición de métrica porque los usuarios maliciosos tratarán de acceder a las características de usuario alojadas en el servidor. Además, la información necesaria para clasificar a los usuarios y el intercambio de información que se produce entre el servidor y la interfaz de usuario puede provocar una brecha de seguridad importante que permita acceder a las características recopiladas por el sistema a usuarios no autorizados [10].

Existen diferentes técnicas de inteligencia artificial utilizadas en el modelado del comportamiento del usuario y en la construcción de perfiles eficientes y eficaces. Entre estas técnicas destacan los modelos de soporte vectorial, los modelos de Markov o, más recientemente, las redes neuronales. Sin embargo, cada método de elaboración de perfiles de usuario tiene su propia forma de procesar la información, lo que crea una heterogeneidad que no favorece la evaluación comparativa de estas técnicas. Recientemente se han presentado trabajos que intentan estandarizar la entrada necesaria en este tipo de sistemas. En [11], por ejemplo, se presenta FairUp, un marco que estandariza la entrada de un sistema basado en Redes Neuronales Gráficas (GNN) para tareas de creación de perfiles de usuario.

En el campo de los videojuegos, conocer el perfil del usuario es fundamental para adaptar la dificultad del juego a sus habilidades, evitando, de esta forma, la frustración y el aburrimiento de este. En [12], se investiga Dynamic Difficult Adjustement (DDA). Esta metodología almacena de forma dinámica las habilidades y conocimientos de los usuarios a partir del número de vidas perdidas o el número de acciones realizadas para establecer el nivel de dificultad correspondiente a estas habilidades mejorando la usabilidad del videojuego y el compromiso del usuario.

Los perfiles de usuario desempeñan un papel fundamental en los sistemas de recomendación. Estos perfiles de usuario son claves para capturar las preferencias de los usuarios, con el fin de personalizar las recomendaciones, o llevar a cabo un filtrado colaborativo, donde se utilizan perfiles similares para recomendar

elementos apreciados por usuarios similares. En la literatura encontramos múltiples trabajos de definición de perfiles de usuario en este tipo de sistemas. En [13], por ejemplo, se presenta un método de definición de perfil de usuario llamado Dynamic User Interest Print (D-UIP), que almacena de forma dinámica las preferencias de los usuarios.

Los trabajos descritos en esta sección presentan diferentes metodologías para adaptarse a los usuarios. Sin embargo, estos trabajos, no aportan los parámetros concretos para definir las métricas empleadas. Nuestra propuesta integra este conjunto de métricas de usuario, estableciendo la forma en la que se calculan a partir de los parámetros.

3 Definición de las métricas de usuario

La principal aportación de este trabajo consiste en la definición de un conjunto de métricas que se encargan de recopilar las características del usuario para permitir que las interfaces se adapten en tiempo de ejecución al usuario. Se pretende que estas métricas sean lo más automáticas posibles para no ser intrusivas. Para definir estas métricas, se ha realizado un estudio de la literatura previa siguiendo el método de búsqueda de bibliografía específica llamado "Target Literature Review" (TLR) [14], que comprueba en una primera búsqueda si el resumen, las palabras clave o el título contienen alguna de las siguientes cadenas: ("user metrics" AND "intelligent user interface") OR ("detect user characteristics" AND "human-computer interaction"). Además de la cadena de búsqueda, se aplican criterios de inclusión y exclusión para filtrar artículos. Los criterios de inclusión fueron los siguientes: (IC1) las métricas de usuario incluyen una descripción precisa de su fórmula y de sus parámetros; (IC2) dichas métricas de usuario han sido validadas con usuarios. Los criterios de exclusión fueron los siguientes: (EC1) las métricas de usuario expuestas no tienen aplicación directa en la extracción de las características de usuario, (EC2) las métricas de usuario no incluyen una validación. Primero se hizo una búsqueda en las librerías digitales scopus y ACM digital library, aplicando los criterios de inclusión y exclusión al resumen, palabras clave, y título. El resultado devolvió 50 referencias. Después se aplicaron los mismos criterios a la lectura completa de cada artículo, reduciendo las referencias a 35.

Como conclusión del TLR, se han extraído una serie de métricas de usuario que requieren definir los parámetros a partir de los cuales se calcula su valor. Como contribución de este trabajo, vamos a definir estos parámetros. Si los parámetros se pueden calcular automáticamente a partir de la interacción con el usuario, la métrica será de tipo **automática**. Si existen parámetros que dependan de valores introducidos explícitamente por el usuario, la métrica será de tipo **manual**. A continuación, se definen los dos tipos de métricas con sus parámetros.

3.1 Métricas automáticas

Estas métricas recopilan características del usuario de forma no intrusiva mientras el usuario interactúa con el sistema. Cada una de las características de usuario expresadas en el modelo de usuario [7] se obtienen de una o varias métricas. Cuando se usa más de una métrica por característica, el sistema procede a realizar el promedio de los valores de cada métrica para definir el valor de la característica. La tabla 1 muestra las diferentes características de usuario que se obtienen automáticamente, las métricas que definen el valor de la característica y los posibles rangos de valores que se pueden obtener para cada métrica. En la columna Rango se incluye para cada posible valor, el peso que se asigna a ese rango a la hora de calcular la media que define la característica. Por ejemplo, cuando Mc vale 1, el peso es 1. Las métricas que aparecen sin rango se debe a que son cálculos auxiliares de otras métricas.

Característica	Métrica	Rango
Conocimiento	$Cu = Sum\ (clics\ usuario)$ [15]	
	$Cud = Sum\ (diferentes\ opciones)$ [15]	
	$Cuo = SUM\ (clic\ usuario\ en\ opciones)$[15]	
	$Mc = \lvert Cu - clics_estimados \rvert$	$Mc = 1;\ 1$ $Mc \leq 2;\ 0.5$ $Mc > 2\ ;\ 0$
	$Msd = \lvert Des_{usuario} - Des_{estimado} \rvert$ [15]	$Msd = 0;\ 1$ $Msd \leq 200;\ 0.5$ $Msd > 200;\ 0$
	$NB = SUM(clics\ en$ search)	$Nb = 0;\ 1$ $Nb \leq 3;\ 0.5$ $Nb > 3;\ 0$
	$P = \lvert Cu - Cuo \rvert$ [16]	$P = 0;\ 1$ $P \leq 2;\ 0.5$ $P > 2\ ;\ 0$
	$Tt = \lvert tiempoU - estimado \rvert$ [16]	$Tt = 0;\ 1$ $Tt \leq 15;\ 0.5$ $Tt > 15;\ 0$
	$Tp = \frac{Tiempo_total}{Páginas}$ [17]	$Tp \geq 10;\ 1$ $Tp \leq 20;\ 0.5$ $Tp > 20;\ 0$
	$Sp = SUM(inactividad > 5\ segs)$ [16]	$SP = 0\ ;\ 1$ $SP \leq 3;\ 0.5$ $SP > 3;\ 0$
	$Com = ¿Usuario\ completa\ la\ acción?$	$Com = Si;\ 1$ $Com = No;\ 0$
	$Cq = complejidad\ de\ la\ query$ [15]	$Cq = Alta;\ 1$ $Cq = Media;\ 0.5$ $Cq = Baja;\ 0$
Habilidades	$Cu = Sum\ (clics\ usuario)$ [15]	
	$Cuo = SUM\ (clic\ usuario\ en\ opciones)$ [15]	
	$Co = \lvert Cuo - opciones_formulario \rvert$	$Co = 0;\ 1$ $Co \leq 2;\ 0.5$ $Co < 2;\ 0$
	$Ae = Promedio(acciones\ especiales)$	$Ae = 1;\ 1$ $Ae \leq 0.7;\ 0.5$ $Ae < 0.7;\ 0$
	$P = \lvert Cu - Cuo \rvert$ [16]	$P = 0;\ 1$ $P \leq 2;\ 0.5$ $P > 2\ ;\ 0$
	$Com = ¿Usuario\ completa\ la\ acción?$	$Com = Si;\ 1$ $Com = No;\ 0$
	$Tt = \lvert tiempoU - estimado \rvert$ [16]	$Tt = 0;\ 1$ $Tt \leq 15;\ 0.5$ $Tt > 15;\ 0$
	$R = \lvert Cu - opciones_sistema \rvert$ [17]	$R = 0;\ 1$ $R \leq 3;\ 0.5$ $R > 3;\ 0$
Objetivos	$Ov = Sum\ (opciones\ accedidas)$ [15]	

	Od = $Sum\ (distintas\ opciones\ accedidas)$ [15]	
	$NB = SUM(clics\ en$ search)	$Nb = 1; 1$ $Nb \leq 5; 0.5$ $Nb > 5; 0$
	$Odc = \frac{Od}{consultas}$	$Odc < 1; 1$ $Odc \leq 3; 0.5$ $Odc > 3; 0$
	$T_{mp} = \frac{Tiempo\ total}{Número_paginas_visitadas}$ [17]	$T_{mp} = 20; 1$ $T_{mp} \leq 5; 0.5$ $T_{mp} > 5; 0$
	$Or = \lvert Ov - Od \rvert$ [17]	$Or = 0; 1$ $Or \leq 3; 0.5$ $Or > 3; 0$
	$T_{Mpag} = MAX(tiempo_paginas)$ [17]	$T_{\text{Mpag}} < 10; 1$ $T_{\text{Mpag}} \leq 5; 0.5$ $T_{\text{Mpag}} > 5; 0$
	Com = comprobar si usuario realiza todos los pasos para completa una acción	$Com = Si; 1$ $Com = No; 0$
	$Cq = complejidad\ de\ la\ query$ [15]	$Cq = Alta; 1$ $Cq = Media; 0.5$ $Cq = Baja; 0$
Dispositivo	Identificar mediante sistema operativo.	Tipo dispositivo
Idioma	Identificar idioma del sistema operativo	Cualquier idioma existente
	Identificar idioma del teclado	
Nacionalidad	Identificar ubicación sensor GPS	Cualquier nacionalidad
	Obtener a partir de IP [18]	
Discapacidades	Identificar periféricos. [19]	Movilidad Visual Cognitiva Otra
	Identificar si activa diferentes opciones de accesibilidad	
Contexto	Sensor de Movimiento Obtener información sensores movimiento, calor, proximidad, acústico, micrófono, osciloscopio, velocímetro, tensiómetro, luz ambiental. [20, 21]	Solo Acompañado En movimiento Parado Disponible para hablar Solo interactúa táctilmente Ocupado Disponible Al aire libre
Intereses	Obtener el tipo de opción o página a la que accede el usuario. [22]	Interesado No Interesado
	Comprobar si el usuario accede a las recomendaciones del sistema.	
Emociones	Máchova et al. [23]	Tristeza Alegría Miedo Sorpresa Ira Miedo

Tabla 1. Resumen de las métricas automáticas y sus valores.

La característica **conocimiento** trata de definir la capacidad del usuario para que el sistema pueda ajustar el nivel de complejidad de las respuestas al conocimiento del usuario [24]. Esta característica depende del promedio de varias métricas. La métrica *Cu* consiste en contar todos clics del usuario. La métrica *Cud* se basa en contar las diferentes opciones que ha clicado el usuario. La métrica *Cuo* consiste en obtener el número de opciones a las que accede el usuario. La métrica *Mc* realiza la resta absoluta entre el valor de *Cu* y los clics estimados para completar la tarea. La métrica *Msd* realiza la resta absoluta entre el desplazamiento vertical (scroll) realizado por el usuario y el estimado. La métrica *NB* obtiene el número de búsquedas que ha realizado el usuario. La métrica *P* consiste en realizar la resta absoluta entre los *Cu* y los *Cuo* de forma que así se obtienen los clics en los que el usuario no ha seleccionado ninguna opción. La métrica *Tt* se basa en realizar la resta absoluta entre el tiempo que ha necesitado el usuario para completar la tarea y el estimado. La métrica *Tp* consiste en obtener un valor medio de tiempo que el usuario interactúa con cada página. La métrica *Sp* se basa en contar los periodos de inactividad del usuario que son superiores a 5 segundos. La métrica *Com* comprueba si el usuario ha realizado correctamente la tarea y *Cq* indica la complejidad de las consultas realizadas para completar la tarea. Una vez calculado el promedio de todas estas métricas, el sistema determina si un usuario posee *conocimientos altos* sobre el sistema (promedio superior a 0.80); si posee *conocimientos medios* (promedio entre 0.50 y 0.79); o si posee *conocimientos bajos* (promedio menor a 0.50).

La característica **habilidades** trata de definir la capacidad del usuario para interactuar correctamente con el sistema, es decir, analiza las diferentes acciones del usuario para determinar cuándo se equivoca el usuario al realizar una acción en el sistema [25]. Esta característica depende del promedio de varias métricas. La métrica *Cu* consiste en contar todos clics del usuario. La métrica *Cuo* se basa en obtener el número de opciones a las que accede el usuario. La métrica *Co* realiza la resta absoluta de Cu del usuario y las opciones totales presentes en la tarea para saber cuáles de los clics del usuario son errores (no ha pulsado ninguna opción). La métrica *Ae* consiste en realizar el promedio de las acciones especiales del usuario (como puede ser usar atajos del teclado o menús de búsqueda avanzada). La métrica *P* se basa en realizar la resta absoluta entre los *Cu* y los *Cuo* de forma que así se obtienen los clics en los que el usuario no ha seleccionado ninguna opción. La métrica *Com* comprueba si el usuario ha podido completar correctamente la tarea. La métrica *Tt* realiza la resta absoluta entre el tiempo que ha necesitado el usuario para completar la tarea y el estimado. La métrica *R* consiste en realizar la resta absoluta entre los clics del usuario en opciones y las opciones existentes en la tarea (para saber cuáles clics son en opciones ya visitadas). Una vez calculado el promedio de estas métricas, el sistema determina si el usuario es *experto* (promedio superior a 0.80); *intermedio* (promedio entre 0.50 y 0.79) o *novato* (promedio menor a 0.50).

La característica **objetivos** trata de definir las diferentes causas que llevan al usuario a interactuar con el sistema y qué es lo que espera encontrar en el sistema. Esta característica depende del promedio de varias métricas. La métrica *Ov* consiste en obtener el número de opciones que el usuario ha visitado. La métrica *Od* se basa en obtener el número de opciones distintas en las que el usuario ha accedido. La métrica *NB* obtiene el número de búsquedas realizadas por el usuario. La métrica *Odc* consiste en comprobar el número de opciones distintas a las que el usuario accede por cada consulta. La métrica *Tmp* obtiene el tiempo medio que el usuario está interactuando con cada opción. La métrica *Or* se basa en realizar la resta absoluta entre la métrica *Ov* y *Od* para obtener el número de opciones diferentes a las que accede el usuario. La métrica *T_Mpag* calcula el tiempo máximo que el usuario ha interactuado con una opción específica. La

métrica *Com* comprueba si el usuario ha realizado todos los pasos necesarios para completar una acción específica del usuario y *Cq* calcula la complejidad de las diferentes consultas de texto realizadas. El valor final de esta característica se calcula con el promedio entre todas las métricas. Según la literatura [26], hay 3 tipos de objetivos: *Informacional* (promedio inferior a 0.50), el usuario está realizando muchas búsquedas poco completas, visita muchas páginas y está poco tiempo en cada página; *Navegacional* (promedio entre 0.50 y 0.80), el usuario está buscando una funcionalidad o página específica del sistema, realizará pocas búsquedas con consultas complejas, estará mucho tiempo en cada página pero no completa los pasos necesarios para finalizar ninguna acción específica; *Transaccional* (promedio superior a 0.80), en este caso el usuario realizará las mismas acciones que una búsqueda navegacional pero completará la acción específica. Estos tres tipos de objetivos se definieron inicialmente para sistemas web, pero nosotros consideramos que dichos objetivos también se pueden extrapolar a otros sistemas, como puede ser un sistema domótico o un vehículo inteligente.

La característica **dispositivo** trata de definir el tipo de hardware que usa el usuario para interactuar con el sistema. Esta característica solo tiene una métrica para determinar el dispositivo del usuario mediante el sistema operativo. Las opciones son *ordenador de sobremesa* o *portátil*, *Tablet*, *móvil*, *dispositivo inteligente* o desde otro tipo de dispositivo.

La característica **idioma** trata de definir el lenguaje óptimo para comunicarse con el usuario. Está compuesta de dos métricas. La primera consiste en analizar la configuración del idioma del sistema operativo. La segunda métrica consiste en analizar el idioma de configuración del teclado. En el caso de que los valores obtenidos por las métricas coinciden, el sistema almacena ese idioma como el idioma del usuario. En el caso de no coincidir, el sistema preguntará al usuario cuál de los idiomas detectados prefiere.

La característica **nacionalidad** trata de definir la ubicación de procedencia del usuario, aunque también se puede valorar la ubicación actual. Esta característica es necesaria porque existen ciertos comportamientos del usuario relacionados con su nacionalidad, como por ejemplo el tipo de divisa que esperan los usuarios en un comercio electrónico. La característica depende de dos métricas. La primera de ellas consiste en obtener la ubicación actual mediante GPS. La segunda de estas métricas consiste en obtener la nacionalidad mediante la IP con la que se conecta al servidor [18]. En el caso de que los valores de las dos métricas coincidan el sistema indicará dicha nacionalidad en el perfil del usuario. En el caso de los valores obtenidos por las métricas no coincidan el sistema preguntará al usuario cuál prefiere.

La característica **discapacidades** busca identificar las distintas limitaciones del usuario para interactuar correctamente con el sistema [27]. Esta característica se compone de dos métricas. La primera consiste en analizar los diferentes periféricos para verificar si algunos de estos periféricos están destinados a personas con discapacidades [19]. La segunda métrica analiza la configuración del usuario en el dispositivo para elementos de accesibilidad, como puede ser que el sistema lea todos los textos del navegador en el caso de un usuario invidente. La combinación de ambas métricas permite identificar el conjunto de discapacidades del usuario.

La característica **contexto** trata de definir la situación actual del usuario, es decir, si el usuario se encuentra solo o acompañado, si está realizando alguna otra tarea o por el contrario está concentrado en interactuar con el sistema para poder ofrecer el modo de interacción más acorde al contexto del usuario [28]. La métrica propuesta para esta característica consiste en el uso de diferentes sensores del dispositivo. Estos valores tratan de aprender si el usuario está en movimiento, solo o acompañado, si puede comunicarse con el dispositivo mediante el habla o por comandos, si está al aire libre o en su casa [20, 21].

La característica **intereses** trata de definir los diferentes gustos y preferencias que puede tener el usuario a la hora de buscar productos o servicios en un sistema. Por ejemplo, si un usuario tiene interés en los deportes va a buscar páginas que más información o productos deportivos le ofrezca [29]. Esta característica depende de dos métricas. La primera consiste en analizar los diferentes tipos de páginas u opciones del sistema a las que accede el usuario [22]. La segunda consiste en registrar si el usuario accede a las recomendaciones del sistema. La combinación de ambas métricas representa el listado de intereses del usuario.

La característica **emociones** trata de definir las diferentes sensaciones que el usuario experimenta mientras interactúa con el sistema. Esta característica se basa en la métrica propuesta por Machová et al. [23], donde se analizan diferentes movimientos del usuario, sus expresiones faciales y su voz para poder determinar su estado emocional en función de las 6 emociones principales (Tristeza, Alegría, Miedo, Sorpresa, Ira, Miedo).

3.2 Métricas manuales

A pesar del esfuerzo por encontrar métricas que se puedan automatizar, existen ciertas características de usuario cuyas métricas dependen de la información que proporcione el propio usuario mediante formularios. A continuación, detallamos estas características.

Las características **edad** y **género** pretenden determinar ciertos comportamientos. Sun et al. [30] ponen como ejemplo un estudio en el que se visualiza que los usuarios masculinos buscaban libros de ciencia ficción mientras que los femeninos buscaban libros que les ayudasen a mejorar su estilo de vida. Además, existen ciertos sistemas en los que la clasificación del género de los usuarios es vital para adaptarse correctamente a ellos, como puede ser un comercio electrónico de ropa. Conocer el rango de edad de los usuarios es un aspecto importante porque hay acciones o productos que están limitados a cierta edad de los usuarios, bien porque están prohibidos a usuarios que no lleguen a la edad específica, como por ejemplo para crear una red social es necesario tener más de 18 años, o porque el producto está recomendado a un rango de edad específico de usuarios [31].

Las características **trabajo**, **perfil y experiencia laborales** son también relevantes según los trabajos de Jin et al. [32]. Por ejemplo, un usuario considerado experto en su trabajo posee unos conocimientos muy altos en dicho ámbito y esperará unas respuestas más técnicas y elaboradas en comparación con un usuario con poca experiencia.

La característica **nivel de estudios** del usuario engloba los posibles conocimientos que el usuario haya podido adquirir con la finalidad de poder ajustar la tecnicidad de la información.

La característica **preferencias** del usuario engloba ciertos elementos gráficos que el usuario debe elegir explícitamente, como puede ser el tema deseado para visualizar el sistema o el tamaño de fuente [33].

La característica **salario** está relacionada con el posible presupuesto que puede tener el usuario para realizar compras o suscripciones en el sistema [34]. Aunque existen aplicaciones que usan la ubicación del usuario para determinar el presupuesto, como hacen ciertos sistemas de suscripciones como *Netflix*, *YouTube* o *Twitch,* consideramos que el salario del usuario también influye a la hora de suscribirse a estos sistemas. Cada búsqueda debe poseer su propio presupuesto, ya que hay muchos valores que determinan precios muy diferentes para el mismo producto, como la marca del producto, su ubicación y el envío [34]. Para ello, consideramos que el sistema debe contener una opción en las mismas preferencias de usuario en el que el usuario puede seleccionar el precio mínimo y máximo.

La característica **aficiones** consiste en registrar las acciones que el usuario está realizando en su tiempo libre, como puede ser jugar a videojuegos o escuchar música. Esta característica permite ofrecer respuestas relacionadas con esos pasatiempos [35].

4 Ejemplo Ilustrativo

En esta sección se va a mostrar un ejemplo de uso de estas métricas de usuario. Para ello, se va a definir un sistema domótico que ilustra cómo se recopilan las características del usuario a través de las métricas. Para este escenario, el usuario debe realizar 6 tareas, las dos primeras son para establecer las métricas manuales y las 4 últimas para establecer las métricas automáticas:

- **Tarea 1:** El usuario rellena el formulario de registro y se obtendrán las siguientes características: edad, género, trabajo, perfil laboral, experiencia laboral, dispositivo, discapacidades, aficiones, nivel de estudios.
- **Tarea 2:** El usuario establece sus preferencias. La característica que se define es preferencias.
- **Tarea 3:** El usuario debe generar la lista de la compra de unos productos específicos, mientras que el sistema automáticamente se encarga de recopilar las habilidades y objetivos del usuario.
- **Tarea 4:** El usuario debe configurar los valores obtenidos por los sensores de proximidad, de movimiento, micrófono y webcam mientras el sistema detecta automáticamente el contexto del usuario.
- **Tarea 5:** El usuario debe configurar un escenario que controle la iluminación de una habitación mientras el sistema se encarga automáticamente de evaluar los conocimientos del usuario.
- **Tarea 6:** El usuario debe elegir el contenido multimedia que prefiera mientras el sistema automáticamente registra los posibles intereses del usuario.

A continuación, vamos a representar a dos usuarios como protopersonas que harán estas tareas para ejemplificar cómo funcionan las métricas. El **usuario 1** es un hombre español de 37 años que no posee ninguna discapacidad, con un nivel de estudios de grado superior, que trabaja en una consultora de informática, con una experiencia de 15 años, un salario entre 1000€ y 1500€ mensuales y posee como aficiones los deportes, en especial el fútbol. Toda esta información, ha sido obtenida de forma por el sistema en la tarea 1.

En la tarea 2, el usuario ha seleccionado como predeterminado el tamaño normal de fuente y el tema claro. El usuario no ha activado ninguna configuración de accesibilidad ni los comandos por voz. Por último, el usuario ha indicado que únicamente quiere recibir las notificaciones del sistema en la consola central.

En la tarea 3, para generar la lista de compra, el usuario ha realizado un total de 15 clics, superando el número de clics estimados para esta tarea que es de 10 clics. De los 5 clics extras del usuario, 3 de ellos son causados por errores del usuario, como por ejemplo pulsar fuera del icono para seleccionar el producto. Los otros 2 fueron causados por revisitar el catálogo de productos. El usuario no ha realizado ninguna acción especial para seleccionar los productos. Por último, el tiempo total del usuario ha sido de 45 segundos, superando los 40 segundos estimados para completar la tarea. Teniendo en cuenta esto, el sistema estima que el usuario tenía un nivel de habilidades *novato* en el uso de estos sistemas. Además, el sistema ha detectado que el usuario ha realizado tareas que tienen como objetivo seguir una serie de pasos, de forma que, si uno de los pasos no se realiza correctamente, no se realiza la acción ya que si no sigues todos los pasos no generas la lista de la compra correctamente. Teniendo en cuenta esto, el sistema registra que las tareas realizadas por el usuario poseen un objetivo *transaccional*.

En la tarea 4, el usuario ha accedido a la opción de "configuración de sensores" y ha procedido a modificar los valores obtenidos por los sensores, ya que los sensores detectaban a dos usuarios, aunque solo hay uno en la habitación. El sistema aprende que el usuario está solo en el interior de una habitación.

En la tarea 5, para configurar el escenario, el usuario ha necesitado 30 clics, superando el número de clics estimados, que es de 23 clics. El usuario no seleccionó la opción correcta ya que seleccionó la opción de "modificar escenario" en vez de "crear escenario" bajando notablemente su precisión y provocando que el usuario revisitase la opción principal. El usuario ha indicado que desea poner "escenario 1" al escenario creado por lo que el

sistema identifica que ese usuario tiene conocimientos bajos porque utiliza un término muy simple que no ayuda a identificar correctamente el escenario. Por último, el usuario ha necesitado 100 segundos para completar la tarea realizando tres pausas sensibles. Todas estas métricas indican que el usuario posee conocimientos *bajos* de este sistema.

En la tarea 6, el usuario ha decidido reproducir su lista de música preferida por los altavoces de la habitación en la que se encontraba actualmente. El sistema ha aprendido que el usuario posee interés en reproducir música en sus momentos de ocio. Además, mediante el sistema de reconocimiento de emociones, el sistema ha detectado que el usuario ha realizado estas tareas en un estado emocional nervioso.

El **usuario 2**, es una mujer de 40 años, escocesa, que tiene configurado el sistema en inglés y que tiene un nivel de estudios de máster universitario en administración de empresas, que trabaja como gerente en una empresa de economía, con una experiencia de 10 años, un salario entre 4000€ y 4500€ y que posee como aficiones la lectura de foros de economía. Además, el sistema ha detectado que este usuario posee activas las opciones de accesibilidad de su sistema que hace el tamaño de la fuente más grande de lo normal, y posee un dispositivo especial para usuarios con movilidad reducida en las manos. Toda esta información, ha sido obtenida de forma por el sistema en la tarea 1.

En la tarea 2, el usuario ha seleccionado como predeterminado el tamaño grande de fuente y el tema oscuro. El usuario ha activado la opción de alto contraste, ha modificado la presión necesaria para detectar una pulsación, y ha activado los comandos por voz y la ayuda de asistencia. Por último, el usuario ha indicado que desea recibir todas las notificaciones tanto en la consola central del sistema como en su dispositivo inteligente.

En la tarea 3, para generar la lista de la compra, realizado el número estimado de clics (10 clics). El usuario ha usado el zoom para aumentar la fuente de los productos, ha realizado la búsqueda avanzada para filtrar los productos y ha indicado que solo se muestren los productos con baja cantidad en el almacén. Por último, el tiempo total del usuario ha sido de 38 segundos, que es inferior a los 40 segundos estimados. Teniendo en cuenta esto, el sistema estima que el usuario tenía un nivel de habilidades *experto* en el uso de estos sistemas. Además, el sistema ha detectado que el usuario ha realizado tareas que tienen como objetivo seguir una serie de pasos, de forma que, si uno de los pasos no se realiza correctamente, no se realiza la acción ya que si no sigues todos los pasos no generas la lista de la compra correctamente. Teniendo en cuenta esto, el sistema registra que las tareas realizadas por el usuario poseen un objetivo *transaccional*.

En la tarea 4, el usuario ha accedido a la opción de "configuración de sensores" y ha procedido a modificar los valores obtenidos por los sensores. Dichos sensores detectaron un solo usuario en la habitación y el usuario no ha realizado ninguna modificación. En este caso, el sistema ha detectado que el usuario se encontraba solo en el interior de la habitación.

En la tarea 5, para configurar el escenario, ha empleado el número estimado de clics para completar la tarea (23 clics). El usuario no produjo ningún error cuando realizó esta tarea, por lo que mantuvo una precisión alta. El usuario ha seleccionado el nombre "escenario para cuando no haya nadie en la habitación". Este nombre de escenario es claro y conciso, además de poseer 9 términos únicos que ayudan a identificar correctamente al escenario. Por último, el usuario ha necesitado 80 segundos sin realizar ninguna pausa excesiva, cuando el tiempo óptimo era de 82 segundos. Todas estas métricas indican que el usuario posee unos conocimientos *altos* sobre este sistema.

En la tarea 6, el usuario ha decidido reproducir un podcast específico que estaba disponible en la aplicación *YouTube*. El sistema ha aprendido que el usuario posee interés en escuchar podcasts en su tiempo de ocio. Además, mediante el sistema de reconocimiento de emociones, el sistema ha detectado que el usuario ha realizado las tareas en un estado emocional tranquilo.

5 Conclusiones

Este trabajo propone unas métricas de usuario que permiten recopilar las diferentes características de usuario necesarias para definir el perfil de usuario y diseñar interfaces inteligentes. Se ha puesto especial énfasis en identificar las métricas que se pueden definir de forma no intrusiva mientras el usuario realiza sus actividades habituales con el sistema (métricas automáticas). Las métricas que dependen de datos proporcionados explícitamente por el usuario se obtienen mediante formularios (métricas manuales). Los dos tipos de métricas se han obtenido a partir de la literatura, pero este trabajo define cómo calcularlas con los parámetros propuestos. Los dos tipos de métricas se han relacionado con las características que registran el perfil en un modelo de usuario. Por último, se ha mostrado un caso práctico donde se ilustra cómo el sistema recopila las características del usuario.

Este proceso de extracción de características es un paso previo al diseño de interfaces inteligentes que se adapten en tiempo de ejecución al valor de estas métricas. Como puntos fuertes de las métricas propuestas cabe resaltar: (1) son independientes de plataforma y lenguaje; (2) son independientes de elementos gráficos, la misma métrica puede ser útil para diversos elementos; (3) no conlleva una dificultad añadida para los diseñadores gráficos porque van dentro de las acciones habituales a desarrollar o dentro de formularios específicos.

Como discusión, se considera que las métricas de género y salario del usuario son las que menos información relevante aportan al perfil del usuario mientras que las métricas de usuario de habilidades, conocimiento y objetivos del usuario son las que más información relevante aportan. Además, basándonos en el caso explicativo, nosotros consideramos que las métricas automáticas de idioma y dispositivo van a obtener los mejores resultados mientras que la métrica objetivos es la que peor resultado puede obtener.

Como trabajo futuro planeamos definir perfiles de usuario donde clasificar cada uno de los usuarios. En base a las características de cada usuario, se le clasificaría en un perfil. Las interfaces se adaptarían en base a las preferencias de ese perfil. Otro trabajo futuro consiste en elegir una escala de usabilidad como puede ser System usability Scale (SUS) o UEQ+ que determine la aceptación del usuario de las diferentes reglas definidas para adaptar la interfaz de usuario a cada grupo de usuarios.

ACKNOWLEDGMENTS

Este trabajo ha sido desarrollado con la ayuda de la Generalidad Valenciana con TENTACLE (GVRTE/2023/4592166). También ha contado con la ayuda del ministerio español de ciencia e innovación cofinanciado con FEDER en el proyecto SREC (PID2021-123824OB-I00).

REFERENCES

1. Schmidt, A., Mayer, S., Buschek, D.: Introduction to Intelligent User Interfaces. 2021. In: Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. Article 129. Association for Computing Machinery, https://www.doi.org/10.1145/3411763.3445021
2. Hou, W.J., Liu, J.X., Yan, X.Y.: A Questionnaire Data Clustering Method Based on Optimized K-Modes Algorithm. 2021. In: Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), pp. 326-342. https://www.doi.org/10.1007/978-3-030-77772-2_22
3. Wu, D., Du, X., Peng, F.: Multi-layer and multi-source features stacking ensemble learning for user profile. 2024. Electric Power Systems Research, 229, 110128. https://doi.org/10.1016/j.epsr.2024.110128
4. Abri, S., Abri, R., Çetin, S.: Group-based Personalization Using Topical User Profile. 2020. pp. 181-186. https://www.doi.org/10.1145/3386392.3399559
5. Ziosi, M., Hewitt, B., Juneja, P., Taddeo, M., Floridi, L.: Smart cities: reviewing the debate about their ethical implications. 2022. AI & SOCIETY, https://www.doi.org/10.1007/s00146-022-01558-0
6. Hu, S., Kumar, A., Al-Turjman, F., Gupta, S., Seth, S., Shubham: Reviewer Credibility and Sentiment Analysis Based User Profile Modelling for Online Product Recommendation. 2020. IEEE Access, 8, 26172-26189. https://www.doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2971087
7. Gaspar, A., Gil, M., Panach, J.I., Romero, V.: Towards a general user model to develop intelligent user interfaces. 2024. Multimedia Tools and Applications, https://www.doi.org/10.1007/s11042-024-18240-w
8. Tufail, S., Riggs, H., Tariq, M., Sarwat, A.I.: Advancements and Challenges in Machine Learning: A Comprehensive Review of Models, Libraries, Applications, and Algorithms. Electronics. 2023, vol. 12, https://www.doi.org/10.3390/electronics12081789
9. Singh, S.: Emphasis on the Minimization of False Negatives or False Positives in Binary Classification. 2022. CoRR, https://www.doi.org/10.48550/ARXIV.2204.02526
10. Gilbert, J., Hamid, S., Hashem, I.A.T., Ghani, N.A., Boluwatife, F.F.: The rise of user profiling in social media: review, challenges and future direction. 2023. Social Network Analysis and Mining, 13, 137. https://www.doi.org/10.1007/s13278-023-01146-0
11. Abdelrazek, M., Purificato, E., Boratto, L., De Luca, E.W.: FairUP: A Framework for Fairness Analysis of Graph Neural Network-Based User Profiling Models. 2023. In: SIGIR 2023 - Proceedings of the 46th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, pp. 3165-3169. https://www.doi.org/10.1145/3539618.3591814
12. Sepulveda, G., Besoain, F., Barriga, N.A.: Exploring Dynamic Difficulty Adjustment in Videogames. 2019. In: IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON), pp. 1-6. IEEE, https://www.doi.org/10.1109/CHILECON47746.2019.8988068
13. Alhijawi, B., Fraihat, S., Awajan, A.: Adaptable inheritance-based prediction model for multi-criteria recommender system. 2023. Multimedia Tools and Applications, 82, 32421-32442. https://www.doi.org/10.1007/s11042-023-14728-z
14. Mangat, G., Sharma, S.: (2023) How does the use of different targeted literature review (TLR) methodologies impact the research output? En el Parexel International, https://www.ispor.org/docs/default-source/intl2023/ispor23gsinghmsr36poster-pdf.pdf
15. Wang, B., Liu, J.: Characterizing and Early Predicting User Performance for Adaptive Search Path Recommendation. 2023. Proceedings of the Association for Information Science and Technology, 60, 408-420. https://doi.org/10.1002/pra2.799
16. Yu, R., Gadiraju, U., Holtz, P., Rokicki, M., Kemkes, P., Dietze, S.: Predicting User Knowledge Gain in Informational Search Sessions. 2018. pp. 75-84. https://www.doi.org/10.1145/3209978.3210064
17. Yu, R., Tang, R., Rokicki, M., Gadiraju, U., Dietze, S.: Topic-independent modeling of user knowledge in informational search sessions. 2021. Inf. Retr. J., 24, 240-268. https://www.doi.org/10.1007/S10791-021-09391-7
18. Mishra, V., Laperdrix, P., Vastel, A., Rudametkin, W., Rouvoy, R., Lopatka, M.: Don't Count Me Out: On the Relevance of IP Address in the Tracking Ecosystem. 2020. In: Proceedings of The Web Conference 2020, pp. 808–815. Association for Computing Machinery, https://www.doi.org/10.1145/3366423.3380161
19. Chang, C.-M., Lin, C.-S., Chen, W.-C., Chen, C.-T., Hsu, Y.-L.: Development and Application of a Human–Machine Interface Using Head Control and Flexible Numeric Tables for the Severely Disabled. Applied Sciences. 2020, vol. 10, https://www.doi.org/10.3390/app10197005
20. Sikder, A.K., Aksu, H., Uluagac, A.S.: A Context-Aware Framework for Detecting Sensor-Based Threats on Smart Devices. 2020. IEEE Trans. Mob. Comput., 19, 245-261. https://www.doi.org/10.1109/TMC.2019.2893253
21. Sajana T, S., Susmi, J., Vinod, P., Varun, G.M., Shilpa P, C.: Context-aware gender and age recognition from smartphone sensors. 2022. In: International Conference on Computing, Communication, Security and Intelligent Systems (IC3SIS), pp. 1-6. https://www.doi.org/10.1109/IC3SIS54991.2022.9885610
22. Hoi, N.T., Que, T.D.: Discovering User Interest in Social Media Based on Correlation. 2024. In: Lecture Notes in Networks and Systems, pp. 403-413. https://www.doi.org/10.1007/978-3-031-50818-9_43
23. Machová, K., Szabóova, M., Paralič, J., Mičko, J.: Detection of emotion by text analysis using machine learning. 2023. 14, https://www.doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1190326
24. Salem, I.E., Al-Saedi, K.H.: Intensive Malware detection approach based on data mining. 2023. Journal of Applied Engineering and Technological Science, 5, 414-424. https://www.doi.org/10.37385/jaets.v5i1.2865
25. Kubanyi, J., Hlavac, P., Simko, J., Bielikova, M.: Towards Automated Web Navigation and Search Skill Assessment: An Eye-tracking Study on the Skill Differences. 2018. In: 13th International Workshop on Semantic and Social Media Adaptation and Personalization, pp. 49-54. https://www.doi.org/10.1109/SMAP.2018.8501883
26. Savannah Wei Shi, Trusov, M.: The Path to Click: Are You on It? 2020. Marketing Science, 40, 344-365. https://doi.org/10.1287/mksc.2020.1253
27. Kinjo, H., Mbaitiga, Z.: Development of flexible Text Input Device Based on Image Processing for Each Level of Disability Person. 2022. In: ICIIBMS 2022 - 7th International Conference on Intelligent Informatics and Biomedical Sciences, pp. 378-379. https://www.doi.org/10.1109/ICIIBMS55689.2022.9971506
28. Iqbal, M.W., Ch, N.A., Shahzad, S.K., Naqvi, M.R., Khan, B.A., Ali, Z.: User Context Ontology for Adaptive Mobile-Phone Interfaces. 2021. IEEE Access, 9, 96751-96762. https://www.doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3095300
29. Dumitrescu, A., Santini, S.: Full coverage of a reader's interests in context-based information filtering. 2021. Journal of the Association for Information Science Technology, 72, 1011-1027. https://doi.org/10.1002/asi.24470
30. Sun, B., Mao, H., Yin, C.: Male and Female Users' Differences in Online Technology Community Based on Text Mining. 2020. 11, https://www.doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00806
31. Rybaczewska, M., Sparks, L.: Ageing consumers and e-commerce activities. 2022. Ageing and Society, 42, 1879-1898. https://www.doi.org/10.1017/S0144686X20001932
32. Jin, Y., Tintarev, N., Htun, N.N., Verbert, K.: Effects of personal characteristics in control-oriented user interfaces for music recommender systems. 2020. User Modeling and User-Adapted Interaction, 30, 199-249. https://doi.org/10.1007/s11257-019-09247-2
33. Vandic, D., Nederstigt, L.J., Frasincar, F., Kaymak, U., Ido, E.: A framework for approximate product search using faceted navigation and user preference ranking. 2024. Data and Knowledge Engineering, 149, https://www.doi.org/10.1016/j.datak.2023.102241
34. Oukfif, K., Battou, F., Bouzefrane, S.: Budget-Aware Performance Optimization of Workflows in Multiple Data Center Clouds. 2020. pp. 144-160. https://www.doi.org/10.1007/978-3-030-67550-9_10
35. Sandoval-Gaytan, B.D., Camacho, L.-M., Hurtado, C.V.: Point Cloud Generation of Transparent Objects: A Comparison between Technologies. 2023. pp. 1-3. https://www.doi.org/10.1109/EDUCON54358.2023.10125143

Human-Computer-Human Interaction

Tecnología de Movilidad Asistida para Personas con Discapacidad Visual

Angelo Vaiano Filetti
Lucas Brandão Ceroni
Pedro Henrique Camargo França
Maria Amelia Eliseo
angelo.filetti@mackenzista.com.br
lucas.ceroni@mackenzista.com.br
pedrohenriquecamargo.franca@mackenzista.com.br
mariaamelia.eliseo@mackenzie.br
Universidade Presbiteriana Mackenzie
São Paulo, São Paulo, Brazil

ABSTRACT

El diseño de espacios físicos puede crear barreras a la movilidad de personas con discapacidad visual. Por otro lado, los avances tecnológicos proporcionan medios para ayudar a eliminar estas barreras. Las aplicaciones para smartphones pueden guiar a personas ciegas a través de diversos escenarios tanto en interiores como en exteriores. Por lo tanto, este documento presenta el desarrollo de una guía de movilidad inclusiva como tecnología asistiva para ayudar a las personas con discapacidad visual a través de la navegación auditiva en espacios exteriores. Para lograr este objetivo, se desarrolló un prototipo para guiar y asistir a los usuarios en la movilidad externa dentro del campus de Higienópolis de la Universidad Presbiteriana Mackenzie. El enfoque implica la integración de tecnologías como Unity, Vuforia y la API de Google Cloud - Text-to-Speech para proporcionar información auditiva específica. En conclusión, fue posible determinar que la tecnología asistiva puede implementarse como una solución inclusiva para las personas con discapacidad visual. Esto se debe a que puede estimular la imaginación, permitiendo al usuario construir una imagen vívida de un entorno a través de su experiencia auditiva, lo que facilita la interpretación de instrucciones y descripciones del terreno en forma de audio dentro de una guía asistida.

Interacción'24, Junio 19–21, 2024, A Coruña, España
Texto completo en: https://doi.org/10.1145/3657242.3658592.

Análisis de las competencias de accesibilidad web requeridas en ofertas de empleo de diseño gráfico y comunicación visual en España

Lluc Massaguer
Estudios de Ciencias de la Información y de la Comunicación
Universitat Oberta de Catalunya
Barcelona, Spain
lmassaguerb@uoc.edu

Rubén Alcaraz-Martínez
Departament de Biblioteconomia, Documentació
i Comunicació Audiovisual
Universitat de Barcelona
Barcelona, Spain
ralcaraz@ub.edu

En los últimos años, el ámbito del diseño y, específicamente, sus profesionales y empresas, se han posicionado a favor de abordar su práctica diaria atendiendo a cuestiones sociales tales como la sostenibilidad, el ecologismo o la inclusividad [1, 2]. Una tendencia iniciada por otros autores [3, 4] centrados en mostrar una visión social del papel del diseño. En la misma línea, para Chaves [5], todo aquello que produce el diseño tiene una función social en tanto que va dirigido a la sociedad, siempre y cuando los clientes asuman ese compromiso, lo cual, según este autor, pasa de manera marginal, pudiendo únicamente el diseño asumir esa función cuando sus profesionales apoyan como sujetos políticos a los movimientos que defienden una sociedad más sostenible, equitativa y justa.

No cabe duda de que para que el diseño pueda cumplir con esa función social, los productos, servicios o mensajes que se conciben deben ser accesibles para que todo el mundo pueda acceder a ellos en igualdad de condiciones con independencia de su discapacidad.

En el marco de esta investigación, se ha realizado un análisis pormenorizado de las ofertas de empleo relacionadas con el diseño gráfico, publicadas para España en LinkedIn y Domestika entre el 1 de mayo y el 30 de junio de 2023. Se ha analizado manualmente el texto de las ofertas con el objetivo de identificar competencias, conocimientos o aptitudes relacionadas con el ámbito de la accesibilidad web.

En total, se obtuvieron 347 ofertas publicadas por 309 empresas diferentes. Tan sólo el 2,88% (10) de las ofertas analizadas incluye alguna referencia a competencias o conocimientos técnicos relacionados con la accesibilidad o el diseño para personas con discapacidad. Ninguna de las ofertas hace referencia explícita a conocimientos relacionados con las WCAG, texto normativo de referencia a nivel internacional en materia de accesibilidad web.

Otras disciplinas, técnicas y metodologías relacionadas con la accesibilidad digital han aparecido en un mayor número de ofertas de trabajo. El 35,16% (122 ofertas) están relacionadas con la UX; el 26,8% (93 ofertas) con técnicas centradas en el usuario, entre las cuales el 4,03% (14 ofertas) concretamente con los test de usuarios; y el 9,51% (33 ofertas) con la usabilidad. Por otro lado, el 8,07% (28 ofertas) y el 0,58% (2 ofertas) incluyen referencias a la diversidad y el compromiso social, respectivamente, aunque sin dejar claro si se requieren competencias específicas en conocimientos relacionados con la accesibilidad digital.

Tras la realización de esta investigación, se observa la poca relevancia que el diseño gráfico presenta en la creación de productos y servicios digitales accesibles, así como el poco interés por parte de los empleadores del sector.

Sin duda, una de las principales líneas de acción para promover la integración de la accesibilidad en los equipos técnicos de las empresas y departamentos de diseño es la concienciación y comprensión de las barreras de accesibilidad que desde este ámbito se imponen.

Los profesionales del diseño deben ser conscientes de la importancia de su rol en el desarrollo de productos accesibles, siendo una responsabilidad compartida con el resto de los agentes involucrados como pueden ser los perfiles más tecnológicos.

El sector del diseño gráfico y la comunicación visual debe plantearse el enfoque de su actividad para incorporar de manera firme y definitiva aspectos que son clave para el acceso de las personas con discapacidad a los productos que generan, puesto que su misión comunicativa depende totalmente de ello.

Interacción'24, Junio 19-21, 2024. A Coruña, España
Texto completo en: https://doi.org/10.1145/3657242.3658575

REFERENCES

[1] Eugenio Vega. 2021. La necesidad y la virtud (del diseño). *Experimenta* 88, 110-115.
[2] Leire Lasa Goiri, and Catalina Risso Rodríguez. 2023. Mejora de la experiencia de usuario mediante la inclusividad: pautas para generar contenidos web más accesibles para personas con discapacidades sensoriales. *Questiones publicitarias* 6, 31, 9-18. https://doi.org/10.5565/rev/qp.376
[3] Victor Papanek. 1977. *Diseñar para el mundo real: ecología humana y cambio social*. Akal, Madrid.
[4] Julian Bicknell, and Liz McQuiston. 1977. *Design for need: the social contribution of design*. Pergamon Press, Oxford.
[5] Norberto Chaves. 2012. *La función social del diseño: realidad y utopía*. Archivo de Norberto Chaves. https://www.norbertochaves.com/articulos/texto/la_funcion_social_del_diseno_realidad_y_utopia

Towards Human Action Recognition in Open Environments: A Proof of Concept on Spanish Sign Language Vowels

Vanessa Alvear
vanessa.alvear@irsoluciones.com
maalvear@unirioja.es
Innovación Riojana de Soluciones IT S.L., y Universidad de La Rioja
Logroño, España

César Domínguez
Universidad de La Rioja
Logroño, España
cesar.dominguez@unirioja.es

Gadea Mata
Universidad de La Rioja
Logroño, España
gadea.mata@unirioja.es

ABSTRACT

Los gestos y el lenguaje corporal son mecanismos fundamentales para la comunicación entre seres humanos. Intentar que las máquinas reconozcan este lenguaje es un área activa de investigación en el campo de la visión por computador que tiene aplicaciones en campos tan diversos como la videovigilancia y la salud. Usualmente, la mayoría de estos desarrollos son llevados a cabo en entornos cerrados y ambientes controlados (por ejemplo, un laboratorio con condiciones específicas de luz, clima, mobiliario, fondos, etc.). El movimiento en tiempo real y el reconocimiento gestual a través de cámaras en un ambiente no controlado, ambientes abiertos, o ambientes exteriores (tales como un centro comercial, el vestíbulo de una universidad, el vestíbulo de un museo, el andén de una estación de tren o la terminal de un aeropuerto) y permitir la interacción con los transeúntes en estos espacios no está muy estudiado. Esta tarea representa desafíos en relación a factores tecnológicos, sociales y legales, que necesitan ser abordados cuidadosamente. Este trabajo es un primer paso hacia el reconocimiento de la acción humana en entornos abiertos adaptado a la interacción sin contacto físico utilizando imágenes de vídeo captadas con una cámara en tiempo real en un entorno abierto. De esta manera, como prueba de concepto exploramos el desarrollo de un sistema que permita el reconocimiento en tiempo real de la Lengua de Signos Española (LSE), en particular, hemos seleccionado los gestos de las vocales.

CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing → Gestural input**.

KEYWORDS

Computer Vision, Human Action Recognition, Human Gesture Recognition, Spanish Sign Language, Uncontrolled Environment, Contactless Interface

ACM Reference Format:
Vanessa Alvear, César Domínguez, and Gadea Mata. . Towards Human Action Recognition in Open Environments: A Proof of Concept on Spanish Sign Language Vowels. In *Proceedings of Interacción'24.* ACM, New York, NY, USA

Interacción'24, Junio 19–21, 2024, A Coruña, España
Texto completo en: https://doi.org/10.1145/3657242.3658598.

Exploring the Interplay between Facial Expression Recognition and Physical States

Maria Francesca Roig-Maimó
Universitat de les Illes Balears
Palma, Illes Balears
Spain
xisca.roig@uib.es

Miquel Mascaró-Oliver
Universitat de les Illes Balears
Palma, Illes Balears
Spain
miquel.mascaro@uib.es

Esperança Amengual-Alcover
Universitat de les Illes Balears
Palma, Illes Balears
Spain
eamengual@uib.es

Ramon Mas-Sansó
Universitat de les Illes Balears
Palma, Illes Balears
Spain
ramon.mas@uib.es

ABSTRACT

En este artículo se sugiere un nuevo enfoque en el Reconocimiento de Expresiones Faciales (FER) que, yendo más allá de los enfoques convencionales centrados en comprender las emociones humanas, incluye además expresiones asociadas a estados físicos como el dolor y el esfuerzo. Estas últimas, que involucran actividades musculares faciales que se desvían de las expresiones emocionales directas, a menudo no son consideradas en los conjuntos de datos y clasificadores existentes que frecuentemente se centran en estados emocionales.

Este trabajo pone de manifiesto la falta de precisión en el reconocimiento de expresiones faciales cuando la imagen de entrada corresponde a un estado físico. En esta investigación se analizan las implicaciones derivadas de la falta de clasificadores adaptados para estados físicos utilizando un clasificador FER pre entrenado en un conjunto de datos especializado. Como resultado se destacan los problemas críticos en las tareas de FER, revelando cómo los conjuntos de datos sin etiquetas de estados físicos introducen sesgos e impactan en la precisión del reconocimiento de expresiones.

Una contribución significativa de este trabajo es el nuevo conjunto de datos, UIBVFED Physical States, que incluye expresiones faciales asociadas a estados físicos. Este nuevo conjunto de datos pone de manifiesto las estimaciones sesgadas en las tareas de FER y mejora el entrenamiento de sistemas de reconocimiento, aumentando su adecuación en diversos escenarios.

Interacción'24, junio 19-21, 2024. A Coruña, España
https://doi.org/10.1145/3657242.3658602

Enhancing Interactive Assistive Solutions through 3D Simulation Characterization

Susana Bautista
Escuela Politécnica Superior
Universidad Francisco de Vitoria
Madrid, España
susana.bautista@ufv.es

Marlon Cárdenas Bonnet
Escuela Politécnica Superior
Universidad Francisco de Vitoria
Madrid, España
marlon.cardenas@ufv.es

Leonardo Ramos Thoma
Universidad Simón Bolivar
Caracas, Venezuela
08-10921@usb.ve

ABSTRACT

En este trabajo se propone una metodología estructurada para mejorar la fiabilidad y eficacia de las soluciones asistivas mediante el uso de simulaciones 3D como herramienta de validación y desarrollo.

En el ámbito de la ingeniería asistiva, la creación de soluciones basadas en simulaciones 3D es un área en constante evolución que busca apoyar a personas con diversas necesidades [1]. La ausencia de un marco estandarizado para la caracterización de estas soluciones presenta desafíos significativos en su diseño, validación y aplicación práctica. Este trabajo se centra en la creación de un marco que permite una caracterización exhaustiva de las soluciones, abordando tanto su diseño inicial como su rendimiento en entornos simulados y reales.

El documento propone integrar herramientas de simulación 3D en el proceso de desarrollo para no solo comprender el comportamiento de las soluciones propuestas, sino también para validar su eficacia en situaciones prácticas [2]. Esto proporciona una visión completa de las capacidades y limitaciones de las soluciones asistivas, permitiendo a los diseñadores y desarrolladores optimizar su diseño y funcionalidad.

Se introduce un enfoque metodológico para la caracterización de las soluciones asistivas basadas en simulaciones 3D. Este enfoque incluye la definición de requisitos hasta la validación de la solución final, explorando los componentes clave de este método y analizando la importancia de la simulación 3D como herramienta fundamental en este proceso, así como los desafíos y oportunidades presentados por su implementación [3].

El método propuesto espera avanzar en la comprensión y evaluación de soluciones asistivas, contribuyendo al desarrollo de tecnologías más efectivas y centradas en el usuario [4, 5]. Finalmente, este trabajo busca mejorar la calidad de vida de las personas con necesidades especiales, ofreciendo soluciones innovadoras y adaptativas que satisfacen sus requisitos individuales.

La implementación de este método se espera que permita una mejor definición y construcción de las simulaciones a lo largo del ciclo de desarrollo, lo que podría resultar en una mejora en la calidad de la asistencia a un costo reducido [6]. Además, el proceso de validación mediante simulaciones 3D en el desarrollo de soluciones asistivas ofrece beneficios adicionales, como la identificación temprana de deficiencias o errores en el diseño de la solución, lo que permite abordarlos antes de avanzar a etapas más avanzadas de desarrollo y ahorrando significativamente tiempo y recursos al evitar ajustes costosos en etapas posteriores del proyecto.

En conclusión, la validación mediante simulaciones 3D no solo mejora la calidad y fiabilidad de las soluciones asistivas, sino que también acelera su tiempo de comercialización y aumenta sus probabilidades de éxito.

REFERENCES

[1] Alavi, H. S., Lalanne, D., & Rogers, Y. (2020). The five strands of living lab: A literature study of the evolution of living lab concepts in HCI. ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI), 27(2), 1-26.

[2] Amato, G., Bacciu, D., Chessa, S., Dragone, M., Gallicchio, C., Gennaro, C., Lozano, H., Micheli, A., O'Hare, G. M. P., & Renteria, A., et al. (2016). A benchmark dataset for human activity recognition and ambient assisted living.

[3] In Ambient Intelligence-Software and Applications–7th International Symposium on Ambient Intelligence (ISAmI 2016). Springer, 1-9.

[4] Campillo-Sanchez, P., & Gomez-Sanz, J. J. (2015). A framework for developing multi-agent systems in ambient intelligence scenarios. In Proceedings of the 2015 International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, 1949-1950.

[5] Chaaraoui, A. A., & Flórez-Revuelta, F. (2015). Continuous human action recognition in ambient assisted living scenarios. In Mobile Networks and Management: 6th International Conference, MONAMI 2014, Würzburg, Germany, September 22-26, 2014, Revised Selected Papers (Vol. 6, pp. 344-357). Springer.

[6] Davis, K., Owusu, E., Bastani, V., Marcenaro, L., Hu, J., Regazzoni, C., & Feijs, L. (2016). Activity recognition based on inertial sensors for ambient assisted living. In 2016 19th International Conference on Information Fusion (Fusion). IEEE, 371-378.

Interacción'24, Junio 19-21, 2024. A Coruña, España
Texto completo en:
https://doi.org/10.1145/3657242.3658586

Health and HCI

Diseño de Experiencia Gamificada para la Gestión de Actividades de la Vida Diaria de Personas Mayores en el Hogar Digital

Alberto Hitos García
Lenguajes y Sistemas Informáticos
Universidad de Granada
Granada, España
albertohitos@ugr.es

Francisco Luis Gutiérrez Vela
Lenguajes y Sistemas Informáticos
Universidad de Granada
Granada, España
fgutierr@ugr.es

Patricia Paderewski Rodríguez
Lenguajes y Sistemas Informáticos
Universidad de Granada
Granada, España
patricia@ugr.es

Juan Antonio Holgado Terriza
Lenguajes y Sistemas Informáticos
Universidad de Granada
Granada, España
jholgado@ugr.es

RESUMEN

A medida que las personas envejecen van sufriendo un deterioro físico y cognitivo que les resta independencia en su día a día. Para retrasar al máximo este deterioro es muy importante seguir un envejecimiento activo en el que los mayores puedan realizar sus Actividades de la Vida Diaria (AVD) de forma independiente. Sin embargo, por su naturaleza monótona y repetitiva, hay una alta probabilidad de que los mayores las vayan abandonando. Para ayudar a evitar este abandono, se ha diseñado el sistema GAVDEN (Gestión de Actividades de la Vida Diaria basado en Experiencias Narrativas) como un medio de motivación, monitorización y supervisión de las AVD de una persona mayor en un entorno de hogar digital, utilizando un asistente virtual como interlocutor y ayudante del sistema con el mayor. Con GAVDEN se pretende convertir las AVD en la parte central de una experiencia gamificada basada en la narrativa, buscando así motivar al mayor a realizar sus AVD como medio para avanzar en la trama de una historia basada en sus gustos e intereses. Al mismo tiempo, se utilizarán los sensores del hogar digital para monitorizar y supervisar el cumplimiento de las AVD e informar a sus cuidadores en caso de que algo no vaya según lo previsto.

PALABRAS CLAVE

Actividades de la Vida Diaria (AVD), Experiencia Narrativa, Hogar Digital, Asistente Virtual

1. Introducción

Las personas mayores tienden a experimentar un deterioro tanto físico como cognitivo propio de las edades avanzadas debido a diferentes factores como la genética, las enfermedades degenerativas o la pérdida de tejido óseo y muscular [1]. Está comprobado que este deterioro se puede retrasar siguiendo los principios, pautas y recomendaciones propuestas por el envejecimiento activo [2].

En este contexto, las AVD son un factor clave del envejecimiento activo de las personas. Estas AVD, como son cuidar del hogar, hacer la compra, lavarse, preparar la comida, ver la televisión y demás actividades dedicadas al cuidado personal y al ocio suponen un pilar fundamental para promover la independencia de las personas mayores y retrasar el deterioro físico y cognitivo.

Esto es especialmente importante ya que las personas mayores (65 años o más) representan en España el 20.05% de la población total según los datos estadísticos del Padrón Continuo del Instituto Nacional de Estadística (INE) a 1 de enero de 2022 y la proyección es que para el año 2068 las personas mayores representarán el 29.4% de la población española [3], es decir, la pirámide poblacional se está invirtiendo, aumentando el número de mayores mientras se reduce el de nacimientos.

Esta inversión de la pirámide poblacional española genera grandes problemas sociales como la falta de plazas en residencias de mayores y el consiguiente aumento de personas mayores que vivan solas en sus hogares. Estas personas, que pueden presentar o no un deterioro necesitan ser igualmente supervisadas por sus familiares o cuidadores. Sin embargo, no siempre es posible para un familiar o cuidador estar presencialmente cuidando y supervisando al mayor ya que puede tener otros asuntos (personales, laborales, familiares, de salud, etc.) que debe atender.

Otro problema común es que para las personas mayores puede ser difícil encontrar la motivación necesaria para realizar sus AVD. Este problema es especialmente grave para aquellas personas que han pasado toda su vida trabajando y ahora, tras jubilarse, todo lo que tienen que hacer en la vida es cumplir sus AVD para auto mantenerse. Para estas personas puede suponer un cambio muy duro en su día a día y puede derivar en problemas de salud mental graves como la depresión, la sensación de soledad, el aislamiento, los cambios de humor, la baja autoestima o, en casos extremos, puede conducir a pensamientos o conductas suicidas. Esto es así ya que se sienten menos independientes que antes y menos útiles para su familia y para la sociedad.

Es por estos problemas por los que hay que desarrollar soluciones tecnológicas que permitan a cuidadores y familiares monitorizar y supervisar el cumplimiento de las AVD de sus mayores de una

forma telemática y poco invasiva y que además otorguen una mayor independencia y sirvan de motivación a las personas mayores para que sigan sintiéndose útiles para sí mismos, para su familia y para la sociedad en general y evitar así caer en problemas de salud mental.

En general, no se suele diseñar tecnología orientada a las personas mayores porque se presupone que son un colectivo que no comprende las nuevas tecnologías y rechazan su uso. Sin embargo, con el contexto del hogar digital aparece una buena oportunidad para introducir la tecnología en la vida de los mayores.

A nivel comercial, las soluciones desarrolladas se centran en la salud, la seguridad o el ocio, pero ninguna se encarga de monitorizar las AVD para vigilar su cumplimiento. Sin embargo, en el ámbito de la investigación sí que se han desarrollado sistemas enfocados a la monitorización de las AVD de los mayores utilizando un entorno de hogar digital. Ejemplos de esto son el proyecto *RADL (Recognizing Activities of Daily Living)* [4], que utiliza una ontología para inferir la realización de AVD en base a los datos obtenidos por diversos sensores del hogar digital, *GameAAL (Gamification Supporting Active and Assisted Living)* [5], que utiliza sensores ambientales y biomédicos para monitorizar la realización de AVD y el estado de salud y, en caso de detectar comportamientos anómalos, notificar a los cuidadores. Además, incluye una plataforma denominada *NeuroHab* para detectar el deterioro neurocognitivo y generar un entrenamiento híbrido mediante actividades reales y virtuales basado en juegos neurocognitivos. Otro ejemplo es el proyecto *Smart Sweet Home* [6], donde se simuló un piso lleno de sensores para detectar la realización de 8 AVD diferentes en función de la combinación de los datos recogidos por varios sensores.

También existe un número considerable de artículos y proyectos donde se utiliza la gamificación para motivar a las personas mayores a mejorar su calidad de vida y salud, tanto física como mental. Estos proyectos de gamificación suelen estar más orientados hacia las capacidades cognitivas de los mayores, buscando retrasar el deterioro neurocognitivo, pero también hay algunos que utilizan los elementos de juego para motivar a la persona con sus AVD. Un ejemplo de esto es el sistema *EDLAH2 (Enhance Daily Live And Health)* [7], que utiliza una aplicación para Tablet diseñada de manera accesible para personas mayores y que incorpora todo lo que puedan necesitar en su día a día para mantener un estilo de vida sano y para comunicarse con sus familiares y cuidadores. Además, utiliza un sistema de objetivos y recompensas para motivar a las personas a realizar sus AVD.

Una vez estudiados los sistemas anteriores, en este artículo se propone construir el sistema GAVDEN que aprovechará las capacidades y fortalezas del entorno de hogar digital y que incluirá la interacción natural de los asistentes virtuales para mejorar la aceptación tecnológica [8] del colectivo de las personas mayores con el fin de ayudarlos en su vida diaria mediante la motivación, monitorización y supervisión de sus AVD. A su vez, se pretende facilitar a los familiares y cuidadores de las personas mayores las labores de supervisión y cuidado, otorgando una mayor independencia personal al mayor.

2. Planteamiento del Sistema

GAVDEN es un sistema pervasivo basado en el hogar digital que se encargará tanto de monitorizar y supervisar la realización de las AVD por parte de las personas mayores como de motivarlas para que no las abandonen a lo largo del tiempo.

El sistema debe contar con un entorno de hogar digital por el que se mueva la persona mayor y con el que interactuará tanto activa como pasivamente. Para ello el hogar contará con una variedad de sensores y pulsadores que recogerán los datos necesarios para la detección automática de las diferentes AVD que deba realizar el mayor a lo largo del día, apoyándose en parámetros auxiliares como la hora o el día para identificar con una mayor precisión la actividad que se está realizando.

En concreto, se ha utilizado HomeAssistant instalado en una Raspberry Pi 4 como controlador del hogar digital y una antena Zigbee gestionada mediante el complemento Zigbee2MQTT para crear la red de dispositivos inteligentes conectados.

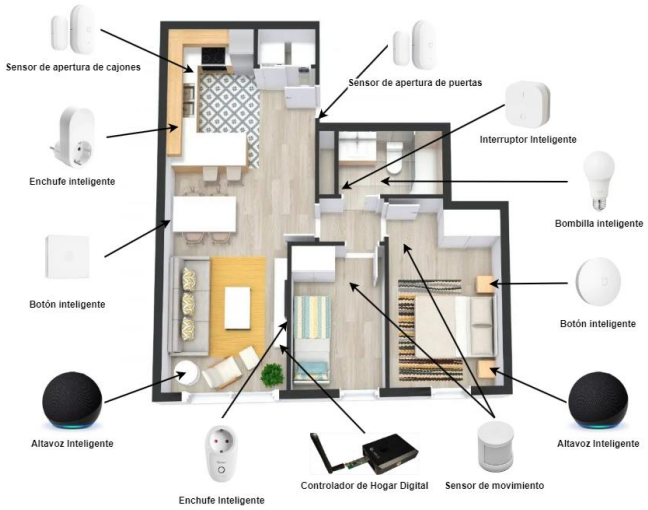


Figura 1. Ejemplo de distribución de los diferentes dispositivos inteligentes en una vivienda.

Los sensores utilizados pertenecen a las marcas Xiaomi, Ikea TRÅDFRI y SONOFF y son todos compatibles con la red Zigbee. Se han empleado sensores de movimiento, sensores de apertura de puertas, enchufes y bombillas inteligentes como dispositivos de detección pasiva y botones e interruptores inteligentes como dispositivos de detección activa con los que la persona tenga que interactuar intencionadamente. El uso de estos dispositivos es especialmente útil para que la propia persona pueda marcar la realización de AVD que sean difíciles de detectar de otro modo. Por ejemplo, al acabar de asearse en el baño, el mayor puede indicar que ha completado dicha AVD mediante la pulsación de un botón colocado junto al lavabo. En la Figura 1 se puede

observar un ejemplo de distribución de los diferentes dispositivos inteligentes utilizados en una vivienda.

Por otro lado, GAVDEN incorpora un asistente virtual personalizado mediante el desarrollo de una Skill de Alexa a través de la plataforma Voiceflow. Este asistente, llamado "narrador" debe ser invocado por el mayor para que le cuente una historia. Esta historia está dividida en fragmentos y para avanzar entre ellos debe completar una AVD definida por su cuidador. Si el mayor se atasca en la historia, podrá pedir ayuda a narrador para que le explique en detalle qué AVD debe realizar y cómo, indicando si es necesario la forma de marcar que la ha realizado. Para incluir este asistente en el hogar digital, se han utilizado altavoces inteligentes Echo de la marca Amazon.

Adicionalmente al entorno de hogar digital, GAVDEN cuenta con una aplicación móvil para que los cuidadores puedan realizar toda la parte de gestión de AVD de los mayores (ver Figura 2). Desde dicha aplicación serán capaces tanto supervisar la realización de AVD y el progreso de la historia, como de modificar, eliminar y añadir nuevas historias y AVD. En caso de que algo no vaya según lo previsto, GAVDEN enviará una notificación a los cuidadores a través de la aplicación. Por ejemplo, si se tiene previsto que una persona se tome sus medicinas a la hora de comer pero esto no queda registrado pasado un tiempo (a definir por los cuidadores), se les avisará para que tomen las medidas que estimen oportunas.

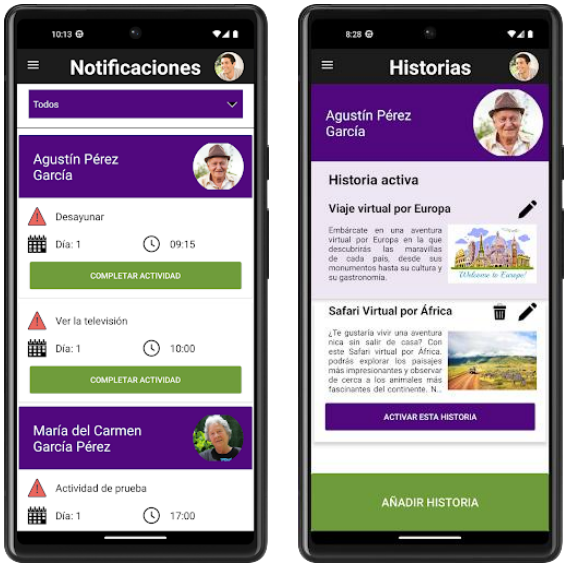


Figura 2. Capturas de la aplicación móvil de los cuidadores.

Por otro lado, los mayores también cuentan con una aplicación móvil adaptada y complementaria desde la cual recibirán recordatorios y podrán comprobar qué AVD deben realizar a continuación (ver Figura 3).

Figura 3. Capturas de la aplicación móvil de las personas mayores.

2.1. Requerimientos del Sistema

- El sistema debe monitorizar la realización de AVD por parte de personas mayores.
- El sistema debe avisar a los cuidadores en caso de que las personas mayores no realicen las AVD.
- El sistema debe motivar a las personas mayores a realizar sus AVD mediante historias (experiencias narrativas).
- El sistema debe proporcionar ayuda a la persona mayor siempre que lo necesite.
- El sistema debe permitir que un cuidador se vincule a una o varias o personas mayores y una persona mayor pueda ser vinculada con uno o varios cuidadores.
- El sistema debe permitir a los cuidadores crear, modificar o eliminar historias y AVD.

2.2. Arquitectura del Sistema

GAVDEN se ha desarrollado siguiendo una arquitectura de IoT basada en capas para unificar el entorno de hogar digital con la aplicación móvil y la Skill de Alexa (ver Figura 4). Para ello se utiliza un servidor central que contiene la base de datos global del sistema y provee de una API REST para implementar toda la lógica de negocio de GAVDEN. Esta API además supone una capa de seguridad al encargarse de gestionar todos los accesos a la base de datos.

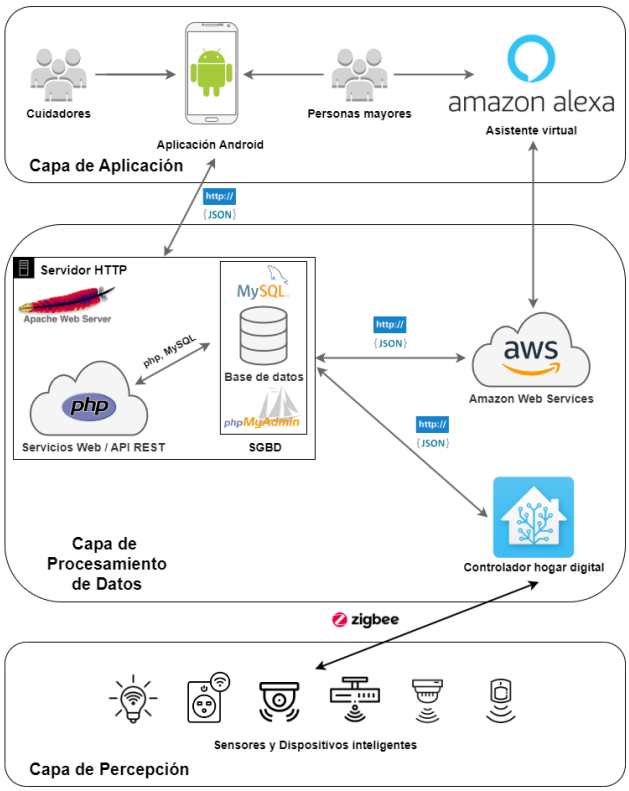


Figura 4. Arquitectura del sistema GAVDEN.

2.2.1. Capa de Percepción. En la capa inferior o capa de percepción se encuentran todos los dispositivos inteligentes del hogar digital que se encargan de recoger los datos en bruto para posteriormente ser procesados. Estos sensores están continuamente recabando y enviando multitud de datos al controlador de hogar digital, pero no todos son necesarios para el sistema, por lo que será necesario filtrarlos y cribarlos para procesar solo los potencialmente útiles.

2.2.2. Capa de Red. Esta capa es transversal en todo el sistema y utiliza varias tecnologías. Por un lado, se utiliza una red Zigbee para interconectar todos los sensores y dispositivos inteligentes con el controlador de hogar digital y, por otro, se utiliza la red Wifi e internet para conectar el controlador de hogar digital, la aplicación móvil y la Skill de Alexa con el servidor central del sistema. Para ello se utilizan peticiones HTTP que envían la información a través de la red con formato JSON.

2.2.3. Capa de Procesamiento de Datos. Para el procesamiento de datos se realiza un primer cribado de la información recabada en la capa de percepción en el controlador de hogar digital, implementado mediante HomeAssistant. En este primer filtro se descartan todos los datos irrelevantes para GAVDEN que transmiten los sensores (batería restante, calidad de la conexión, temperatura, etc.) y transmite al servidor central solo la información potencialmente útil (pulsación de botones, detección de presencia, encendido/apagado de enchufe inteligente, apertura/cerrado de puertas, etc.). Una vez esta información llega al servidor, se procesa para inferir con qué AVD puede estar relacionada en función del progreso de la historia que está jugando el mayor en ese momento y otros posibles factores como la hora del día o el día de la semana. Así mismo, este servidor central se encarga de proporcionar a la aplicación móvil y la Skill de Alexa el estado actual del sistema y toda la información relacionada.

2.2.4. Capa de Aplicación. Esta es la capa con la que interactuarán principalmente las personas mayores y los cuidadores. Aquí se encuentra la aplicación móvil con la que los cuidadores llevarán a cabo toda la gestión de AVD e historias y podrán supervisar el cumplimiento de estas. También será el medio para incluir nuevo contenido al sistema GAVDEN. Las personas mayores por su parte también cuentan con una aplicación móvil simplificada y accesible para sus necesidades en la que podrán comprobar en todo momento qué AVD tienen que hacer a continuación y donde podrán marcarla como completada. Llegado el momento, se marca pulsando un botón que se les muestra directamente en la pantalla (ver Figura 3). Sin embargo, esta aplicación es simplemente un complemento y su medio principal de interacción con GAVDEN será a través de la Skill de Alexa que hará las veces de narrador o cuentacuentos y de ayudante en caso de que lo necesite.

3. Gamificación. Experiencia narrativa y recompensas.

El principal problema de las AVD es que son tareas monótonas y repetitivas que se tienen que realizar todos los días. Por ello, es común que las personas mayores se aburran de ellas, dejen de verles el valor que tienen e incluso dejen de realizarlas, cayendo en un abandono personal que con gran probabilidad puede derivar en depresión u otros tipos de problemas mentales similares.

Para evitar esto, GAVDEN no solo servirá para la gestión y control de las AVD, sino que además servirá de motivación a la persona mayor para que siga realizando sus AVD día tras día. Esta motivación se va a buscar mediante la gamificación del sistema. No obstante, gamificar un sistema pervasivo no es tarea fácil y por ello se va a seguir una metodología que busca conseguir una motivación tanto intrínseca como extrínseca, identificando los objetivos principales y transversales del sistema y seleccionando las mecánicas de juego [9], [10] para generar la estrategia de gamificación más adecuada.

Una de las técnicas de gamificación que mejor y más fácilmente se pueden aplicar a un caso así es la de incluir una mecánica de objetivos y recompensas, es decir, la persona mayor completa unos objetivos y a cambio recibe unas recompensas. En concreto, los objetivos que se deben alcanzar consisten en llevar a cabo una serie de AVD relacionadas entre sí como, por ejemplo, la toma de medicamentos diarios. Con esto se busca conseguir una sensación de progreso real y que el mayor sienta que lo que hace tiene un propósito y una utilidad más allá de su cuidado personal.

Las recompensas, por su parte, no serán algo dentro del sistema, sino que serán definidas por los cuidadores en base a los gustos de la persona mayor y serán algo más tangible y real. Por ejemplo, se podría definir como recompensas salir a comer un día con su familia o comer algún dulce que sea del gusto del mayor. Con este

tipo de recompensas se busca motivar a la persona otorgándole algo que le guste de verdad, que le impulse a seguir.

Si bien esta técnica podría ser efectiva en un primer momento, con casi toda seguridad se volvería repetitiva a largo plazo. Por tanto, esta técnica por sí misma no bastaría para gamificar el sistema ya que no tendría sentido gamificar una tarea monótona y repetitiva cuando la propia gamificación se volvería igualmente monótona y repetitiva.

Por tanto, para motivar a las personas mayores a realizar sus AVD a diario y que no las abandonen con el tiempo se va a aplicar una técnica de gamificación basada en experiencias narrativas. Estas experiencias consisten en narrar una historia atractiva y adaptada a los intereses de cada persona, que le sirva de guía para cumplir sus AVD. De esta forma, la persona tendrá que completar diferentes AVD para progresar en la historia y descubrir el desenlace.

Mediante la narrativa se espera conseguir un extra de motivación para las personas mayores ya que se le da un propósito adicional a las AVD que ahora serán parte de un juego y no meras actividades orientadas al auto mantenimiento.

Sin embargo, incluir la narrativa para gamificar AVD no es una tarea fácil ya que presenta un gran reto como es el hecho de que las historias son finitas y las AVD deben completarse a diario. Una posible solución es alargar la historia artificialmente mediante la repetición de misiones, pero con toda seguridad la historia pecaría de monótona y se acabaría perdiendo la motivación con el tiempo. En su lugar, se ha desarrollado un editor de historias en la aplicación móvil para que los propios cuidadores puedan escribir historias adaptadas a cada mayor, de modo que se disponga de una serie de historias diferentes que se puedan jugar indistintamente. Si una persona mayor acaba una historia o se cansa de ella, simplemente podrá empezar otra distinta que sea de su interés.

Para jugar la historia, una persona mayor debe invocar la Skill de Alexa mediante el comando de voz "Alexa, abre narrador". Esta Skill de Alexa tiene un flujo de diálogo (ver Figura 5) diseñado mediante la herramienta Voiceflow: En primer lugar, se comprueba si el usuario tiene ya una historia asignada y, en caso de que no la tenga le explica que su cuidador debe asignarle una. Si ya tiene una le pregunta si quiere continuar y, si es el caso, le comunica las posibles recompensas pendientes que haya conseguido con el progreso de la historia. A continuación, si se han cumplido los requisitos necesarios para desbloquear el siguiente trozo de la historia, se lo narra para que de una forma indirecta el mayor sepa qué AVD debe realizar. Si después de esto el mayor sigue sin saber qué hacer, es decir, no se completa la AVD o pasado un tiempo no vuelve a hablar, el asistente virtual le propondrá ayuda proactivamente. También puede ser el mayor el que pida ayuda o, si así lo prefiere, que le repita la misión para intentar deducir qué tiene que hacer.

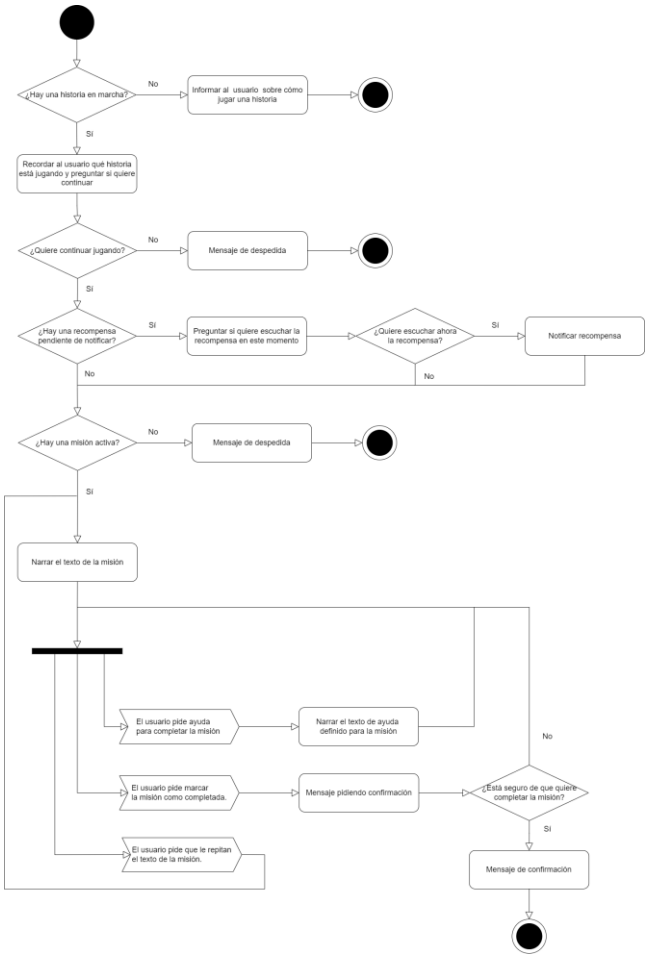


Figura 5. Flujo de diálogo de la Skill Narrador.

4. Monitorización de AVD mediante dispositivos del hogar digital

La monitorización de las AVD se simplifica en gran medida gracias a que el sistema viene dirigido por la experiencia narrativa, es decir, solo se monitorizan las AVD que estén relacionadas con la misión de la historia que esté activa en un momento dado. Por ello, a la hora de crear la historia hay que definir qué AVD se van a realizar y cuándo (aproximadamente), así como qué sensor o sensores deben monitorizar su cumplimiento. De esta forma se consigue una monitorización más simple (no es necesario utilizar un motor de inferencia, técnicas complejas de análisis, inteligencia artificial ni sistemas complejos similares), pero también más precisa y con menos posibilidad de error. Aunque, como contrapunto, las AVD realizadas fuera del contexto de la historia no quedan monitorizadas.

La monitorización puede ser pasiva (sin que el mayor tenga que hacer nada más que su AVD) o activa (el mayor debe indicar de algún modo la realización de la AVD) según el tipo de sensor empleado.

Para la monitorización pasiva se utilizan sensores de movimiento, sensores de apertura de puertas, cajones y ventanas, enchufes inteligentes a los que se conectan electrodomésticos y bombillas inteligentes. Por ejemplo, colocando un sensor de movimiento en la habitación se puede monitorizar cuándo el mayor se levanta de la cama. Otro ejemplo sería colocar un sensor de apertura de puertas en el armario del baño donde se guardan los productos de aseo: si el armario se abre a la hora prevista (aprox.) del aseo, se puede inferir que el mayor ha ido a asearse.

Por otro lado, el enchufe inteligente se puede utilizar para detectar el uso de ciertos electrodomésticos como la televisión o el microondas y la bombilla podría detectar AVD muy concretas en función de si se enciende o apaga (apagar la luz del dormitorio pasada la hora de acostarse indica, con casi toda seguridad, que la persona se ha acostado).

Utilizar uno solo de estos sensores para detectar una AVD puede llegar a provocar falsos positivos. Por ello, se pueden combinar varios sensores para la detección de una única AVD. Volviendo al ejemplo anterior donde se utilizaba un sensor de movimiento para detectar cuándo el mayor se levanta de la cama, podría darse el caso de que la persona tenga una mascota que provoque falsos positivos en el sensor. Para evitar esto, podría combinarse con otros como por ejemplo la luz del baño: Si se detecta movimiento en la habitación y posteriormente se enciende la luz del baño, es porque la persona mayor se ha levantado.

Esta monitorización pasiva puede ser útil para ciertas AVD no críticas, pero cuando se trata con tareas más sensibles como la toma de medicamentos, lo más recomendable es realizar una monitorización activa donde la propia persona mayor confirme la realización de la AVD. Por ello GAVDEN provee de tres métodos de monitorización activa: los botones e interruptores inteligentes, la comunicación verbal con el asistente virtual y el botón de la aplicación móvil.

La mayoría de los botones inteligentes del mercado cuentan con varios tipos de pulsaciones (generalmente tres: simple, doble y larga) que pueden ser utilizados para detectar varias AVD con un mismo dispositivo en función de la pulsación realizada. Sin embargo, hacer esto, aunque pueda ahorrar costes en la implementación del sistema, no es nada recomendable porque para una persona mayor puede ser bastante difícil realizar los distintos tipos de pulsaciones. Generalmente no hay una retroalimentación en el botón para distinguir entre una pulsación corta o larga, por lo que queda a interpretación de cada uno cuándo parar al realizar una larga. Igualmente puede suceder que se hagan dos pulsaciones cortas cuando se quería realizar una doble o incluso que la persona no sea capaz de mantener el botón pulsado el tiempo suficiente para realizar una larga y se acabe registrando como corta. Por todo esto, lo más recomendable es actuar de la misma manera independientemente del tipo de pulsación que registre el botón.

Para marcar una AVD como completada mediante el uso del asistente virtual, la persona debe indicar al narrador que ya ha completado lo que debía hacer. Para ello, la Skill responderá a una serie de comandos variados que recogen muchas de las posibles formas de comunicar este hecho. Para evitar detecciones accidentales, el narrador describirá la AVD que el mayor debía realizar, con el objetivo de confirmar que efectivamente la ha llevado a cabo.

Por último, se pueden marcar AVD mediante el móvil. Para ello, cuando se active una nueva misión, la persona mayor recibirá una notificación en la aplicación. Al pulsar en ella se abrirá directamente una pantalla indicando la AVD que debe realizar y un gran botón para completarla (ver Figura 3). Al pulsar el botón, se marcará la actividad como completada y la aplicación se cerrará automáticamente tras una cuenta atrás de 10 segundos, evitando así que la persona mayor tenga que encargarse de cerrarla manualmente. De este modo se busca simplificar al máximo el uso del dispositivo móvil al reducir las posibles interacciones del usuario al mínimo.

Teniendo esta flexibilidad a la hora de detectar AVD, es muy importante adaptar los medios de detección a los hábitos y necesidades de cada persona mayor, ya que lo que funciona para un usuario puede no adaptarse para otro. Es por ello que tiene que ser el cuidador, junto con la propia persona mayor, el que decida qué dispositivos utilizar para detectar cada AVD.

5. Resultados

Un sistema orientado a personas mayores como lo es GAVDEN debe ser validado y aceptado por sus usuarios potenciales. Para ello se realizaron pruebas preliminares con 4 personas mayores y 5 usuarios en el rol de cuidadores y se pasaron dos cuestionarios (uno a los mayores y otro a los cuidadores) para medir la satisfacción general del sistema y recoger retroalimentación.

En primer lugar, se diseñó un escenario de uso para las personas mayores en el que se contaba con una vivienda con 5 sensores de diferente tipo, un altavoz inteligente con la Skill del asistente virtual y un móvil con la aplicación instalada. En este entorno, el asistente virtual narraba una pequeña historia dividida en 6 partes o misiones y, para cada misión, se debía completar una AVD concreta asociada a cada uno de los 5 sensores. Para la última misión, se debía utilizar la aplicación móvil como medio de ayuda y para marcar la AVD. Adicionalmente, los usuarios debían pedir ayuda al asistente virtual al menos una vez en cualquier momento del escenario y recibir una recompensa por completar las primeras misiones.

Tras realizar este escenario se les pasó un cuestionario SUS (*System Usability Scale*) para medir la usabilidad del sistema utilizando la fórmula

$$SUS = \left[\left(\sum_{i=1}^{5} R_{(2i-1)} - 5\right) + \left(25 - \sum_{i=1}^{5} R_{(2i)}\right)\right] * 2.5$$

donde R_i es la respuesta iésima.

El resultado obtenido fue de 83.75 puntos, lo que supera el umbral de aceptación del cuestionario SUS y, por tanto, la usabilidad del

sistema se considera que es lo suficientemente buena como para ser usado por las personas mayores.

Para evaluar la aplicación móvil de los cuidadores, se diseñó un escenario de uso basado en 15 tareas predefinidas que cubrían la funcionalidad de la aplicación y que los usuarios debían replicar y, tras completar las pruebas se les pasó un cuestionario de 9 preguntas con el objetivo de obtener una valoración cualitativa y recoger opiniones y/o recomendaciones para mejorar la aplicación móvil. A diferencia del otro cuestionario, éste no está basado en un método estándar de valoración cuantitativa, sino que se basa en una serie de preguntas subjetivas sobre la relación de los usuarios con la tecnología en general y sobre su grado de satisfacción con la aplicación móvil.

En general los resultados obtenidos en este cuestionario fueron positivos y se obtuvo una retroalimentación valiosa que ayudó a mejorar la parte del editor de historias, haciéndola más usable y menos compleja. En cualquier caso, la satisfacción general del sistema fue muy alta y todos los participantes en esta primera prueba recomendarían el uso de la aplicación a otras personas.

6. Discusión

Hoy en día existen trabajos [5], [7] que introducen técnicas de gamificación para motivar a las personas mayores en la realización de sus AVD. La técnica más utilizada por su facilidad de implementación y su gran éxito inicial es la del sistema de objetivos y recompensas [5], [7]. Esta técnica es muy buena para motivar a una persona a realizar una tarea monótona y repetitiva en un primer momento, pero con el tiempo esta motivación inicial se pierde. Por ello es una técnica que se ha aplicado en GAVDEN para crear una primera fuente de motivación al mayor para que vea que su esfuerzo por usar el sistema tiene una recompensa casi inmediata. De esta forma se busca captar la atención del mayor para que use el sistema y tenga un elemento motivador que le haga superar el escalón inicial de la curva de dificultad que supone usar un sistema basado en las nuevas tecnologías (hogar digital, asistentes virtuales y teléfonos móviles) a las que probablemente no esté habituado. Por ello esta técnica se considera una fuente de meta-motivación ya que no solo busca motivar al mayor a realizar sus AVD sino también a utilizar y familiarizarse con el sistema en un primer momento.

Es importante que las recompensas se basen en cosas tangibles del mundo real. En un sistema así no tendría mucho sentido otorgar recompensas virtuales (como ocurre en los videojuegos) para desbloquear elementos cosméticos o que modifiquen la experiencia de juego. Por ello las recompensas deben estar basadas en los intereses del mayor y que generalmente van a estar relacionados con la familia, por lo que pueden suponer un buen pretexto para pasar más tiempo juntos.

Aunque las recompensas generan la motivación inicial, la principal propuesta de valor del sistema GAVDEN y que le diferencia del resto de trabajos es la inclusión de experiencias narrativas como elemento motivador a lo largo del tiempo. Con estas experiencias se busca que la motivación del mayor resida en descubrir cómo se desarrolla la trama y cuál es el desenlace, del mismo modo que el que lee un libro, ve una película o juega a un videojuego se motiva a seguir con su actividad por descubrir cómo continúa y acaba la historia.

La principal virtud de estas experiencias es que pueden ser creadas por los propios cuidadores y familiares, que deben ser capaces de generar historias adaptadas a los gustos del mayor. No hay límite a la hora de crear estas historias y pueden ser tan fantasiosas o realistas como se desee ya que serán contadas como un cuento, por lo que el único límite creativo es la imaginación. Por tanto, se pueden crear historias fantásticas basadas en grandes novelas o películas o una experiencia más realista basada en hechos históricos o experiencias mundanas como un viaje o un safari. Con esta libertad creativa se busca implicar a los familiares para que se interesen en descubrir los gustos del mayor y mejorar las relaciones familiares, estrechando lazos y pasando más tiempo juntos. Sin embargo, dado que se deja la responsabilidad de crear historias a los cuidadores, es muy importante dotarles tanto de historias de ejemplo como de una guía que les ayude en el proceso.

En cuanto al reconocimiento de AVD, el entorno de hogar digital supone un muy buen escenario para realizar una monitorización poco intrusiva. Como ocurre en varios trabajos [4], [5], [6], se utilizan sensores domóticos para recoger los datos con los que inferir la realización de AVD. En todos estos trabajos el conjunto de AVD que se pueden inferir vienen previamente definidas por los investigadores. En cambio, en el sistema GAVDEN son los cuidadores los que podrán definir las AVD que deseen y que mejor se adapten a cada persona mayor. Esto se puede conseguir gracias a que también son los propios cuidadores los que definen con qué sensor o dispositivo domótico se detectará cada AVD en función de los hábitos y la distribución de la vivienda del mayor. Por tanto, GAVDEN otorga una gran personalización y capacidad de adaptación a las necesidades de los mayores, pero, como contra punto, el reconocimiento de AVD está más limitado ya que se encuentra encorsetado dentro del contexto de la experiencia narrativa y no sería posible una detección continua de AVD.

En estos trabajos [4], [5], [6] se utiliza una monitorización pasiva en el sentido de que el mayor simplemente debe realizar su vida con normalidad mientras que una serie de sensores van midiendo la actividad. En el sistema GAVDEN, por el contrario, se busca una participación activa en la que el mayor debe ir moviéndose y realizando diversas tareas por la vivienda. En este sentido, la inclusión de los botones inteligentes obliga en cierta medida al mayor a estar activo tanto física como mentalmente. Físicamente porque el mayor debe desplazarse hasta el botón y mentalmente porque debe recordar que debe ir a pulsarlo al terminar la AVD.

El uso de asistentes virtuales supone una gran ventaja a la hora de interactuar con el mayor ya que permite una comunicación sencilla en lenguaje natural y es el compañero perfecto para evitar

la sensación de soledad. El hecho de hablar con un asistente virtual, aunque no sea una persona real, proporciona al mayor una sensación de ser escuchado que ayuda a que no se sienta solo y, además, actúa de vigilante para que el mayor no se olvide de realizar sus AVD y no caiga en el abandono personal.

7. Conclusiones y trabajo futuro

Mejorar la independencia personal de los mayores es algo fundamental en el presente y lo será aún más en el futuro debido a diversos fenómenos demográficos. En este contexto, las AVD desempeñan un papel fundamental en el envejecimiento activo al garantizar dicha independencia.

Es imprescindible desarrollar soluciones tecnológicas orientadas en esta dirección que permitan a los mayores valerse por sí mismos durante más tiempo, retrasando al máximo posible el deterioro físico y cognitivo propio de las edades avanzadas. Sin embargo, hay muchos prejuicios sobre la adopción de las nuevas tecnologías por parte de los mayores y, si bien es cierto que este colectivo no suele hacer uso de ellas, se puede encontrar en el hogar digital y los asistentes virtuales el punto de partida ideal para introducir estas tecnologías en su vida diaria por su facilidad de uso y la naturalidad de la interacción.

Con esto en mente, en este artículo se ha descrito el sistema GAVDEN como medio de monitorización y supervisión de las AVD de una persona mayor en un entorno de hogar digital a la vez que sirve de motivación para la persona mayor mediante la gamificación basada en narrativa de un asistente virtual.

La gamificación como elemento motivacional para realizar tareas que los usuarios de otro modo no querrían realizar es algo que se ha venido estudiando durante mucho tiempo y, en consecuencia, han aparecido numerosas técnicas. Sin embargo, no es fácil encontrar una técnica que permita mantener la motivación durante mucho tiempo en tareas tan monótonas como lo son las AVD. Por ello técnicas como las recompensas por cumplir objetivos pueden ser útiles en un primer momento, pero a larga perderán su factor motivacional. Para mantener esta motivación la encapsulación de las AVD dentro de experiencias narrativas se considera una técnica más adecuada ya que funciona de un modo muy similar a los libros, series, películas o videojuegos, donde si un usuario se aburre de uno, puede cambiar a otro que le resulte más interesante.

Es por este motivo que el editor de historias es algo fundamental en el sistema GAVDEN ya que permitirá mantener la motivación del mayor durante más tiempo al aportarle una gran variedad de contenido. Actualmente, para cada usuario hay que crear historias personalizadas y no se pueden compartir y es por ello que en el futuro se trabajará en una tienda o repositorio de historias para que los usuarios puedan compartir sus creaciones y facilitar la posibilidad de vivir historias más variadas y entretenidas. En este sentido también se incluirá la inteligencia artificial como ayudante para crear historias basándose en sistemas *LLM* como *ChatGPT* o *LLaMA.*

Por último, al tratarse de un sistema novedoso, que incorpora tecnologías diferentes y que está orientado a mayores, en el futuro se seguirán realizando pruebas más exhaustivas y complejas que permitirán realizar una mejor evaluación del sistema y de la inclusión de narrativas como elemento motivador a largo plazo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos PID2022-136779OB-C33, MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y C-ING-179-UGR23 y por fondos FEDER, EU.

REFERENCIAS

[1] V. K. Gangolli, «Recent advances in the understanding of cognitive decline among the elderly.,» *Journal of Geriatric Mental Health*, pp. 36-43, Jan–Jun 2016.

[2] M. Caprara, M. Á. Molina, R. Schettini, M. Santacreu, T. Orosa, V. M. Mendoza-Núñez, M. Rojas y R. Fernández-Ballesteros, «Active Aging Promotion: Results from the Vital Aging Program,» *Current Gerontology and Geriatrics Research*, 07 Febrero 2013.

[3] I. N. d. E. (INE), «Estadística del Padrón continuo,» 2022.

[4] I.-H. Bae, «An ontology-based approach to ADL recognition in smart homes,» *Future Generation Computer Systems*, vol. 33, pp. 32-41, Abril 2014.

[5] M. Pinto, M. Pereira, D. Raposo, M. Simões y M. Castelo-Branco, «GameAAL - an AAL solution based on Gamification and Machine Learning Techniques,» de *2019 IEEE Conference on Computational Intelligence in Bioinformatics and Computational Biology (CIBCB)*, Siena, Italy, 2019.

[6] N. Noury, J. Poujaud, A. Fleury, R. Nocua, T. Haddidi y P. Rumeau, «Smart Sweet Home… A Pervasive Environment for Sensing our Daily Activity?,» vol. 4, 05 Mayo 2011.

[7] P. Kostopoulos, A. I. Kyritsis, V. Ricard, M. Deriaz y D. Konstantas, «Enhance daily live and health of elderly people,» *Procedia Computer Science*, vol. 130, pp. 967-972, 2018.

[8] M. Bolaños, C. A. Collazos y F. L. Gutiérrez-Vela, «Reference Framework for Measuring the Level of Technological Acceptance by the Elderly: A Case Study of Virtual Assistants,» *TecnoLógicas*, vol. 24, nº 50, 2021.

[9] A. Francisco-Aparicio, F. Gutiérrez-Vela, J. Isla-Montes y J. Sanchez, «Gamification: Analysis and Application,» *New Trends in Interaction, Virtual Reality and Modeling*, pp. 113-126, 29 Julio 2013.

[10] J. Arango-López, F. L. Gutiérrez-Vela, C. A. Collazos, J. Gallardo y F. Moreira, «GeoPGD: methodology for the design and development of geolocated pervasive games,» *Universal Access in the Information Society*, vol. 20, pp. 465-477, 24 Octubre 2020.

Mejora de la Función de los Miembros Superiores mediante Realidad Virtual: Enfoques en Rehabilitación y Rendimiento Deportivo

Javier Albusac
Universidad de Castilla-La Mancha
javieralonso.albusac@uclm.es

Vanesa Herrera
Universidad de Castilla-La Mancha
vanesa.herrera@uclm.es

Eusebio Angulo
Universidad de Castilla-La Mancha
eusebio.angulo@uclm.es

J.J Castro-Schez
Universidad de Castilla-La Mancha
josejesus.castro@uclm.es

Ana de los Reyes-Guzman
Hospital Nacional de Parapéjicos de Toledo
adlos@sescam.jccm.es

ABSTRACT

En la última década, la Realidad Virtual (RV) ha experimentado un notable impulso con el apoyo directo de los gigantes tecnológicos como Meta, Google, Apple o Microsoft, que han lanzado al mercado modelos evolucionados de visores RV, junto con APIs que simplifican el desarrollo de aplicaciones. Esto ha propiciado el surgimiento de numerosas investigaciones en diversos campos donde la RV ofrece un entorno ideal de experimentación controlado, entre los que se incluyen el ámbito deportivo y el de la rehabilitación. En este estudio, presentamos un juego serio basado en RV que recrea el entrenamiento de porteros de balonmano. La propuesta ha sido probada en dos escenarios reales como son, el club BM Pozuelo de Calatrava, con vistas a ofrecer entrenamientos complementarios en búsqueda de correcciones técnicas del deportista, una mejora de rendimiento, y la posibilidad de recuperación de lesiones. Por otro lado, el Hospital Nacional de Parapléjicos de Toledo, con un enfoque orientado a la rehabilitación de los miembros superiores en pacientes con daños en la médula espinal. Los resultados preliminares indican que nuestra propuesta es prometedora para alcanzar estos objetivos y provee una herramienta útil para la recolección de datos cinemáticos, facilitando un análisis objetivo por parte de entrenadores y terapeutas.

KEYWORDS

Realidad Virtual, Juegos Serios, Rendimiento Deportivo, Rehabilitación, Interacción con Manos

1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años, hemos sido testigos de un notable auge en el campo de la Realidad Virtual (RV). Si bien la RV no es una innovación reciente, su evolución ha sido particularmente acelerada en la última década, impulsada significativamente por el interés y la inversión de gigantes tecnológicos como Microsoft, Google, Facebook y Apple. Estas compañías no solo han desarrollado y perfeccionado sus propios modelos de gafas de RV, sino que también han enriquecido el ecosistema con avanzadas APIs y plataformas que facilitan el desarrollo de aplicaciones. Esta ola de innovaciones ha inaugurado lo que muchos consideran una nueva era en la computación espacial, marcando un punto de inflexión en cómo interactuamos con el entorno digital [12].

La RV ha demostrado ser una herramienta poderosa en una variedad de campos más allá del entretenimiento. Su impacto se ha sentido en la educación, ofreciendo experiencias de aprendizaje inmersivas y facilitando la comprensión de conceptos complejos [11]. En el sector de la salud, ha sido una aliada en la formación de profesionales médicos y en la planificación quirúrgica [10]. La industria militar ha utilizado la RV para el entrenamiento de soldados en escenarios simulados, mejorando la seguridad y eficacia de los entrenamientos [1]. En el ámbito empresarial, se ha empleado para la visualización de datos, simulaciones de procesos industriales y reuniones virtuales, transformando la forma en que las empresas operan y colaboran [18].

Además de estos campos, la aplicación de la RV también tiene un papel destacado en el ámbito deportivo y la rehabilitación médica, teniendo en común ambos la práctica de ejercicio físico en un entorno controlado. Dependiendo del estado de la salud del usuario, el beneficio es distinto: mejora de rendimiento deportivo principalmente en el caso de gozar de buena salud, y recuperación de lesión y/o movilidad en el caso de sufrir algún problema.

En particular, en el ámbito deportivo, la RV ha abierto nuevas posibilidades para el entrenamiento y la mejora del rendimiento de los atletas. En este contexto, los sistemas de RV ofrecen un entorno simulado altamente realista y controlable, lo que permite a los deportistas practicar y perfeccionar sus habilidades en un espacio virtual que imita fielmente las condiciones reales de su deporte. Esta tecnología no solo ofrece una herramienta innovadora para el entrenamiento técnico y táctico, sino que también se presenta como un medio eficaz para la preparación psicológica y la visualización del rendimiento deportivo [16].

Por otro lado, la RV ha encontrado un papel fundamental en el campo de la rehabilitación médica. Su capacidad para crear entornos controlados y adaptativos ha demostrado ser especialmente valiosa en la rehabilitación de miembros superiores. La RV proporciona un medio seguro y motivador para realizar ejercicios de rehabilitación, permitiendo a los pacientes interactuar con escenarios virtuales que pueden ser ajustados según sus necesidades y progreso. Esta tecnología no solo ayuda en la recuperación física, sino que también contribuye al bienestar emocional y psicológico

Interacción'24, Junio 19–21, 2024, A Coruña, España

de los pacientes, ofreciendo una experiencia de rehabilitación más agradable y estimulante [4].

Un contexto no explorado aún en entornos virtuales, tanto para la mejora de rendimiento como para la rehabilitación, es el entrenamiento de porteros de balonmano. En este trabajo presentamos un juego serio basado en RV para el entrenamiento de porteros de balonmano, en el que se exige el movimiento de manos y brazos, así como la movilidad del tronco. El trabajo estudia la interacción entre el usuario y elementos virtuales (balones de balonmano) en usuarios sanos y pacientes con daños en la médula espinal y limitaciones motoras. La experimentación se ha llevado acabo en dos escenarios reales: i) por un lado, el entrenamiento con porteros del BM Pozuelo de Calatrava, y ii) pacientes y terapuetas del Hospital Nacional de Parapléjicos de Toledo (HNPT).

En la experimentación se utilizó el modelo de gafas de RV Meta Quest 2, con controladores o *joysticks* para deportistas sanos, y el seguimiento de manos libres para pacientes con problemas de agarre, y sujeción de objetos con peso. En la sección de resultados, se demuestra la capacidad del sistema propuesto para capturar con precisión la cinemática del paciente, mostrando una mejora progresiva de la eficacia individual en la realización de los ejercicios. Además, los participantes en el experimento valoraron positivamente la herramienta, considerándola un valioso complemento a la terapia y entrenamiento tradicional.

El resto del trabajo se estructura de la siguiente manera: en la Sección 2 se analizan trabajos anteriores relacionados con el tema que nos ocupa. La Sección 3 presenta el juego serio basado en RV para la rehabilitación o el entrenamiento de los miembros superiores mediante el entrenamiento de porteros de balonmano. La Sección 4 presenta la experimentación, los resultados obtenidos y una discusión sobre los mismos. Por último, la Sección 5 termina el artículo con las conclusiones y el trabajo futuro.

2 ESTADO DEL ARTE

La Realidad Virtual (RV) ha tenido un importante avance en los últimos años, creciendo el uso de la misma en diferentes áreas como sanidad o el deporte. Existen recientes avances en la RV basada en juegos que tienen un impacto positivo en la rehabilitación las extremidades superiores tras un ictus o cualquier tipo de daño cerebral o medular, ya que consiguen una combinación de elementos de gamificación con ejercicios terapéuticos, lo cual es más atractivo y motivador para los pacientes.

Existen numerosos trabajos de RV basada en juegos para la rehabilitación de lesiones. En [2], los autores llevaron a cabo una revisión sistemática y un metaanálisis con 20 ensayos clínicos, donde quedó patente la eficacia de la RV basada en juegos para mejorar la función motora y la calidad de vida de los supervivientes de ictus. Previamente, [5] realizan un estudio con el sistema Microsoft Xbox 360 Kinect integrado con terapia convencional que mostró mejoras notables en las funciones motoras de las extremidades superiores en pacientes con ictus subagudo, lo que sugiere un valor añadido del juego interactivo en la rehabilitación. En este trabajo [13] realizan un estudio sobre la RV para la fisioterapia de rehabilitación de miembros superiores e indican la diversidad de enfoques que se están explorando en este campo, haciendo hincapié en la adaptabilidad de estos sistemas a las diferentes necesidades de los pacientes.

Existen más trabajos recientes que demuestran el impacto positivo que tiene la aplicabilidad de la RV y los juegos para mejorar la función de las extremidades superiores después de un ictus. Los estudios propuestos en [6] presentan una mejora media del 28.5% en las funciones motoras, con un 10.8% más de beneficio observado cuando se incorporaron elementos de juego en comparación con la retroalimentación visual sola. [9] respalda esta idea, realizó un entrenamiento de RV con tareas de las extremidades superiores utilizando el HMD HTC Vive, en el que los pacientes demostraron mejoras funcionales significativas y un alto grado de satisfacción, lo que confirma la viabilidad y la eficacia de la rehabilitación de RV totalmente inmersiva.

Para este tipo de juegos es fundamental contar con la participación de fisioterapeutas y diseñadores para establecer un contenido apropiado. [17] consiguieron mejoras significativas en movimientos del hombro, la muñeca y el codo de pacientes y [15] analizaron 38 estudios sobre plataformas de juegos tecnológicos para pacientes con trastornos neuromotores. Por último, la revisión de juegos establecida en [3] encontró que los juegos serios son más eficaces que los tratamientos convencionales en la recuperación de las extremidades superiores después de un accidente cerebrovascular, destacando su eficacia a largo plazo en el mantenimiento de las mejoras.

Por otra parte, en el deporte también existe un incremento y auge del uso de la RV para una mejor eficacia de los equipos y recopilación de datos. [7] realizan una revisión sistemática de trabajos de todos los deportes dónde aplica RV. En el caso de balonmano que proponemos en este trabajo, no hay trabajos que utilicen RV. [19] propone el uso de RV para entrenamiento del equilibrio y la rehabilitación de lesiones musculoesqueléticas. Los trabajos más recientes en balonmano son [8] y [14] que utilizan técnicas avanzadas de visión por computador para recopilar y analizar datos automáticamente.

3 JUEGO SERIO BASADO EN RV PARA LA PRÁCTICA DEL BALONMANO

El juego serio desarrollado y basado en RV persigue ejercitar al usuario. Para ello, el usuario deberá situarse en una posición adelantada con respecto a una portería, dentro de un espacio virtual. Frente al usuario, se mostrarán diversos puntos de lanzamiento desde donde diversos balones virtuales inician su trayectoria hacia el usuario que tendrá que detenerlos. En el caso de los usuarios sanos, los ejercicios exigen la movilidad completa de todo el cuerpo. En el caso de los pacientes en silla de ruedas, la movilidad de cabeza, brazos, manos y tronco. En este último caso, el movimiento de brazos y manos permite mejorar su movilidad, en el caso del tronco se fortalece la estabilidad.

A continuación, se describe brevemente alguno de los aspectos más importantes de nuestra propuesta, como: el diseño del entorno virtual, configuración accesible del entorno, los mecanismos de interacción del usuario dentro de este espacio virtual y el registro de cinemáticas para su posterior análisis.

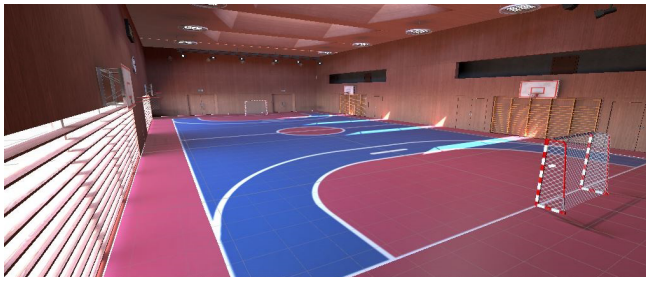


Figure 1: Diseño del entorno inmersivo para la práctica deportiva del balonmano.

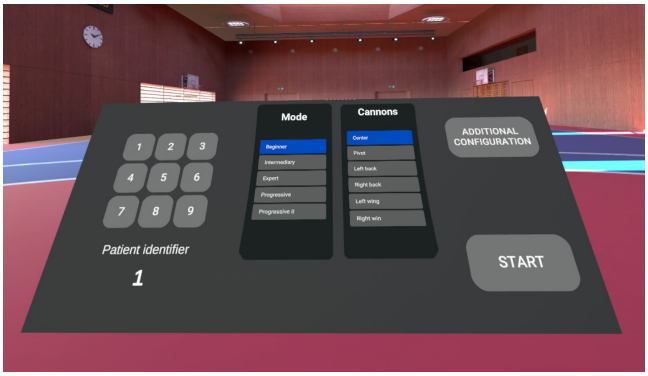


Figure 2: Menú accesible diseñado para determinar la configuración del entrenamiento.

3.1 Diseño del entorno virtual

Al desarrollar un entorno virtual de entrenamiento para la práctica deportiva o la rehabilitación, el nivel de realismo es fundamental para la efectividad del propio ejercicio. Una iluminación efectiva en este espacio no solo es estéticamente agradable, sino también funcional, permitiendo a los usuarios seguir y reaccionar al balón de manera oportuna. El entorno bien iluminado asegura que los participantes puedan juzgar efectivamente la velocidad y dirección del balón, lo que es crítico para la precisión de las acciones de intercepción.

En el presente trabajo, el diseño de la pista virtual de balonmano se alinea con las regulaciones oficiales de la Federación Internacional de Balonmano (IHF), con dimensiones que reflejan una pista de tamaño completo de 40 metros por 20 metros (ver Figura 1). En cuanto a la portería, las dimensiones varían en función de si el usuario es un deportista o un paciente. En el caso del deportista sano la portería de balonmano posee unas dimensiones de 2 metros de alto por 3 metros de ancho. En el caso de los pacientes, el entorno virtual presenta un tamaño de portería ajustado de 1.60 metros de altura para acomodar la posición sentada de los jugadores que puedan participar en el deporte desde sillas de ruedas. Esta personalización asegura la inclusividad del programa de rehabilitación, permitiendo que un rango más amplio de participantes se beneficie de los ejercicios de entrenamiento.

Para la iluminación se emplearon 'Baked Lightmaps' del motor Unity, una técnica de renderizado que precalcula y almacena datos de iluminación. La principal ventaja de este enfoque es la reducción de la demanda en recursos de procesamiento durante el renderizado en tiempo real. Al evitar la necesidad de cálculos dinámicos de iluminación en cada frame, los 'Baked Lightmaps' mejoran el rendimiento de la aplicación, proporcionando una experiencia fluida e ininterrumpida para el usuario.

Además de los mapas de luz estáticos, el entorno virtual también incorpora 'Luces Dinámicas' para ofrecer una respuesta en tiempo real a los cambios dentro de la escena. Estas luces, calculadas en cada frame, se adaptan instantáneamente a los movimientos e interacciones dentro del espacio virtual. Sin embargo, no se abusa de este recurso. El uso excesivo de cálculos de iluminación en tiempo real puede llevar a una disminución en el rendimiento de la aplicación, manifestándose como caídas de la tasa de fotogramas y reproducción potencialmente disruptiva. Estos problemas de rendimiento no solo son perjudiciales para la funcionalidad de la aplicación, sino que también pueden llevar a incomodidad física para el usuario, como mareos o sensación de desorientación, especialmente indeseables en un entorno de RV.

3.2 Configuración y modos de juego

El juego serio desarrollado proporciona un entorno virtual inmersivo donde los usuarios pueden personalizar y seleccionar el modo de entrenamiento. Se han diseñado menús accesibles para adaptarse a las limitaciones de los pacientes con lesiones de la médula espinal, quienes a menudo enfrentan impedimentos motores en sus manos, dificultando la capacidad de agarrar y mover los dedos. Esto les impide usar controladores externos o interacciones basadas en gestos en muchos casos. Por lo tanto, se han diseñado paneles con botones virtuales de gran tamaño, permitiendo a los pacientes iniciar acciones con movimientos simples de la mano (ver Figura 2).

Las opciones de configuración incluyen: nivel de experiencia (principiante, intermedio o experto), posiciones de campo para los lanzamientos, tamaño del balón, rotación del balón, curvatura del lanzamiento, puntos de lanzamiento movibles, manos a utilizar en el ejercicio, y número objetivo de goles, entre otros. Además, los pacientes pueden elegir su modo de entrenamiento preferido. Entre éstos, destacamos el empleado en la experimentación de este trabajo, en el que se establece un número máximo de goles objetivo encajados. El usuario permanece activo, intentando parar balones, hasta que se encajan el número de goles objetivo. Cuanto mayor sea el número de paradas, mayor tiempo permanecerá el usuario activo y mayor será el rendimiento.

Los modos de entrenamiento permiten incrementar gradualmente la dificultad, elevando progresivamente la velocidad de lanzamiento, incrementando la frecuencia de lanzamientos e introduciendo variaciones aleatorias en los tamaños de los balones. Esto permite un entrenamiento personalizado que se adapta a las habilidades y resistencia del usuario.

3.3 Interacción entre usuario y elementos virtuales

En el sistema propuesto se proponen dos métodos de interacción. El primero de ellos es a través del agarre de controladores externos o *joysticks*. Se trata de un método que aporta una mayor precisión

Figure 3: Portera del BM Pozuelo durante la sesión de experimentación.

Figure 4: Pacientes del HNPT durante la sesión de experimentación.

en el registro de cinemáticas al realizarlo a través de un sistema mecánico, y está pensado principalmente para usuarios sanos sin limitaciones motoras.

El segundo método de interacción es mediante el uso de las manos, sin la necesidad de uso de dispositivos externos. En este caso se lleva a cabo un proceso de *tracking* o seguimiento de manos a través de las cámaras que incorporan las gafas de RV. Este método esta pensado especialmente para usuarios con lesiones y limitaciones motoras.

3.3.1 Interacción con controladores o joysticks. Para la interacción mediante controladores, se utilizaron específicamente los controladores de Oculus Meta Quest 2. Estos dispositivos están equipados con tecnología que permite capturar con alta precisión la posición tridimensional y la rotación de cada mano del usuario. Los controladores integran un conjunto de sensores de movimiento y un sistema de rastreo infrarrojo, que trabajan conjuntamente para proporcionar una experiencia de interacción fluida y precisa.

Cada controlador consta de un sistema de seguimiento óptico que utiliza anillos de luz infrarroja, los cuales son constantemente monitoreados por las cámaras integradas en las gafas de RV. Esta configuración permite determinar la ubicación exacta y la orientación de los controladores en el espacio 3D con una gran exactitud. Además, los controladores incluyen giroscopios y acelerómetros que detectan los movimientos y rotaciones de las manos, proporcionando así datos cinemáticos detallados que se utilizan para replicar los movimientos del usuario dentro del entorno virtual.

La Figura 3 muestra una de las porteras del BM Pozuelo durante la sesión de experimentación. Se puede apreciar la utilización de gafas VR y el agarre de controladores externos durante la realización de ejercicios.

3.3.2 Interacción con el uso de manos libres. La interacción con manos libres en el sistema de Oculus Quest 2 se realiza utilizando algoritmos de visión por computador y aprendizaje profundo, las cámaras integradas en el dispositivo capturan el movimiento de las manos y los dedos del usuario en tiempo real. Esta capacidad de rastreo permite una interacción natural e intuitiva con el entorno virtual, sin la necesidad de controladores físicos.

Las cámaras rastrean puntos de referencia clave, como las articulaciones de los dedos, para crear un modelo digital preciso del movimiento de las manos. Este modelo se traduce en una reconstrucción de la pose de las manos con 26 grados de libertad, lo que significa que cada dedo y la palma de la mano pueden ser rastreados individualmente y con gran detalle.

La Figura 4 muestra los pacientes del HNPT que participaron durante la sesión de experimentación. En la imagen se puede apreciar como las manos está libres de cualquier dispositivo externo durante la realización de ejercicios.

3.3.3 Lanzamiento de balones virtuales y detección de paradas. Dos aspectos claves en el juego serio planteado en este trabajo son: a) el lanzamiento de balones virtuales desde diferentes orígenes hacia la portería, y b) la contabilización de paradas, fruto de la detección de intersecciones entre las manos reales del usuario y los balones virtuales.

En este punto, es importante introducir el concepto de *prefab*. Un *prefab* es un tipo de recurso que permite crear, configurar y reutilizar objetos en una escena de Unity.

La Figura 5 muestra los *prefabs* diseñados en Unity para nuestra propuesta: a) balón de balonmano virtual, b) cañones situados en diferentes posiciones del campo, desde donde se lanzan los balones, c) representación de mano virtual que coincide en posición y orientación con las manos reales, interaccionando con el balón virtual.

Los lanzamientos de balón dan lugar a una trayectoria trazada entre un cañón, cuya posición determina el punto de inicio, y un punto final (ver Figura 6) calculado desde una de las áreas de tiro. La portería se divide en varias regiones objetivo, etiquetadas de A1 a B5. Estas zonas designadas cumplen doble función: son las áreas objetivo hacia donde se dirige el balón durante el juego y también actúan como puntos de recolección de datos para registrar goles y paradas. Al monitorear las áreas objetivo alcanzadas, el sistema permite el análisis de rendimiento de cada jugador. Este análisis

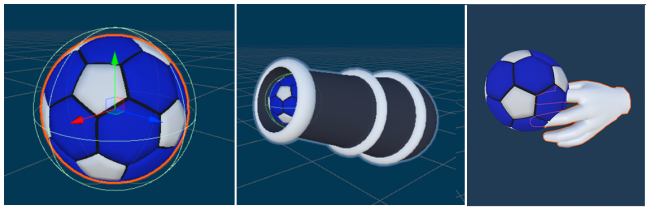


Figure 5: Prefab de balón de balonmano virtual, cañón de lanzamiento de balones, e interacción entre mano y balón virtual.

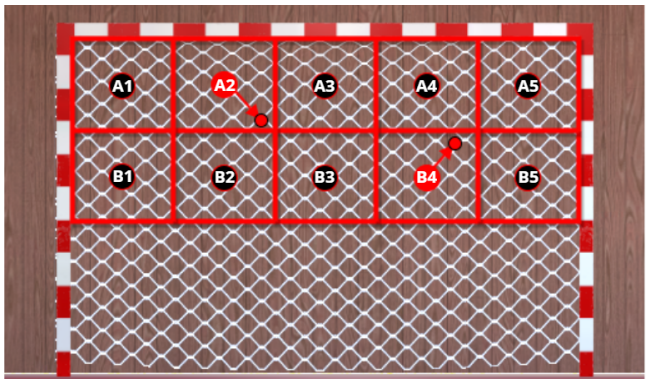


Figure 6: Zonas de destino de los balones virtuales.

permite identificar fortalezas y debilidades individualmente entre el brazo izquierdo o derecho.

Por otro lado, el *prefab* de la pelota de balonmano contiene un componente vital para la lógica del juego. Este elemento es el *Collider*. Un *Collider* define la forma de colisión de un *Game Object*, en este caso, la pelota. Se utiliza para detectar colisiones y desencadenar eventos cuando otros objetos entran en contacto con el *Collider*.

Finalmente, las manos del usuario en la escena de balonmano están representadas por el componente *Custom Hand* mostrado en la Figura 5.c. Este componente, a su vez, consta de un *Collider* que se configurará para gestionar la interacción con los balones virtuales. En el *Collider*, la propiedad *isTrigger* está activada para que la función *OnTriggerEnter* siempre se ejecute cuando haya una colisión con otro *Collider*. Es necesario asegurarse en la función *OnTriggerEnter* de que el *Collider* que colisiona sea un balón virtual. Para abordar este problema, se utilizan etiquetas de Unity para distinguir entre componentes virtuales. Cuando el evento es detectado se puede lanzar código asociado como, por ejemplo, la contabilización de paradas, o goles en el caso de detectar la detección entre un balón y la red de la portería.

3.3.4 Registro de cinemáticas. El juego serio desarrollado facilita el registro del movimiento y orientación de varias partes del cuerpo, proporcionando a los terapeutas y entrenadores un banco de datos extenso para analizar los ejercicios realizados. Estos datos ayudan a ofrecer una evaluación objetiva del progreso del usuario, combinando observaciones subjetivas y métricas cuantificables.

En nuestra propuesta, variables como *Frame* (fotograma) y *Time* (instante de tiempo) establecen un contexto base, anclando cada punto de datos dentro de una secuencia coherente. Para capturar las complejidades de los movimientos de la cabeza, se emplean variables como *HeadPosition_x*, *HeadPosition_y*, *HeadPosition_z*, *HeadRotation_x*, *HeadRotation_y* y *HeadRotation_z*. Estas detallan tanto la posición espacial como la orientación angular de la cabeza del usuario durante la interacción.

Por otro lado, los movimientos y orientaciones de las manos se capturan utilizando una serie de variables. Para la mano derecha, aspectos como su detección, posición en el espacio, orientación, velocidad y rotación de la muñeca se detallan mediante *HandDetectedR*, *HighConfidenceR*, *RHandPosition_x*, *RHandRotation_x* y *RWristTwist*, entre otros. La cinemática de la mano izquierda refleja esta estructura, con variables como *HandDetectedL*, *LHandPosition_x* y *LWristTwist* desempeñando roles análogos.

Todos los datos recogidos durante el experimento están disponibles públicamente en los repositorios de GitHub: https://github.com/AIR-Research-Group-UCLM/Rehab-HandballVR y https://github.com/AIR-Research-Group-UCLM/BMPozuelo. Los repositorio están organizados en nueve carpetas, cada una correspondiente a un participante individual en el experimento. Cada carpeta contiene un archivo `Historical.CSV` que detalla el número de lanzamientos, paradas y goles detectados, así como una subcarpeta `TrackingData`, que incluye archivos CSV con las cinemáticas registradas para cada ejercicio realizado.

4 EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS

El objetivo principal de la sesión experimental fue realizar un análisis funcional. Este análisis permitió una evaluación temprana de la seguridad y eficacia de la herramienta, garantizando que se identificaran y mitigaran los riesgos potenciales antes de ampliar el grupo de pacientes. También brindó la oportunidad de identificar y resolver cualquier problema técnico u operativo en un entorno controlado, lo que resulta crucial para el éxito de la ampliación del proyecto.

La experimentación se desarrolló en dos entornos reales: 1) Entrenamiento del BM Pozuelo con deportistas sanos, y 2) Hospital Nacional de Parapléjicos de Toledo con pacientes con daños en la médula espinal, sin posibilidad de caminar, y terapeutas del propio hospital. En ambos contextos se organizaron dos sesiones en las que se establecieron un número de goles objetivo, contabilizando el tiempo activo sin llegar al número de goles objetivo, número de paradas y el registro de movimientos de cabeza y ambas manos. La contabilización de tiempo y número de paradas permite medir el rendimiento y efectividad. Por otro lado, el registro de cinemáticas permite evaluar debilidades, limitaciones motoras en la parte izquierda y derecha, al mismo tiempo que se permite evaluar progreso en caso de experimentación a largo plazo.

4.1 Experimentación con el BM Pozuelo

La experimentación se llevó a cabo en el pabellón municipal Las Espartanas (Pozuelo de Calatrava). El BM Pozuelo ha sido campeón de España femenino en categorías inferiores en 3 ocasiones. En la prueba participaron 9 porteros y porteras de diferentes categorías

Table 1: Resumen de la sesión de experimentación con jugadores del BM Pozuelo. ID: Identificador, T-S1: tiempo en activo en sg en S1, P-S1: Paradas realizadas en S1, T-S2: tiempo activo en S2, P-S2: paradas en S2, GM: Grado de Mejora.

ID	T-S1	P-S1	T-S2	P-S2	GM
1	59	18	74	32	77,7%
2	73	31	79	37	19,3%
3	76	36	91	48	33,3%
4	53	14	71	29	107,1%
5	66	27	67	28	3,7%
6	43	7	60	18	157,1%
7	89	46	101	56	21,7%
8	58	18	59	18	0,0%
9	63	22	64	23	4,5%
Media	64	24	77	32	47,20%

con edades comprendidas entre 12 y 40 años, siendo 6 de categoría cadete, 2 de juvenil y 1 senior.

Para cada participante se realizó una sesión de entrenamiento dividida en 3 series de lanzamientos con un incremento progresivo de la dificultad y un descanso entre series. La primera serie se diseñó con el propósito de que los porteros se familiarizaran con la aplicación, mientras que las dos series siguientes se utilizaron para registrar datos, evaluar la evolución y analizar la capacidad de mejora de cada portero. El tipo de entrenamiento planteado tendría como objetivo medir el tiempo y el número de paradas que un portero sería capaz de realizar antes de recibir 15 goles. Un aumento en el tiempo de duración de la serie y en el número de paradas sería indicativo de progreso.

Se eligió tres puntos origen de lanzamiento en los que se podían producir lanzamientos simultáneos de balones (lateral izquierdo, central y lateral derecho). La dificultad aumenta de forma progresiva con el paso del tiempo, mediante un incremento en la velocidad de los balones aplicando una mayor fuerza, y la variación del tamaño de balones de forma aleatoria. Un resumen de la experimentación puede ser visionado en: https://www.youtube.com/watch?v=9WtSkpJyRTY.

La Tabla 1 sintetiza los resultados obtenidos por los participantes en las dos sesiones en las que se registraron datos. Un mayor tiempo indica que el usuario permaneció más tiempo en activo hasta alcanzar los 15 goles objetivo. Durante ese tiempo se contabilizó el número de paradas. La última columna de la tabla muestra el grado de mejoría de la segunda sesión con respecto a la primera. Por otro lado, la Figura 7 muestra una representación bidimensional del movimiento de cabeza, así como brazo izquierdo y derecho de cada uno de los participantes, en la última práctica realizada.

Tras los resultados obtenidos se aprecia una mejora promedio del 47.2%, lo que indica que, en general, hubo un incremento en el número de paradas en la segunda sesión en comparación con la primera. Se apreció progreso en 8 de los 9 participantes, mientras que uno de ellos obtuvo los mismos resultados en ambas sesiones.

En general, se aprecia una distribución adecuada de la posición de las manos durante la sesión. Los participantes tienden a colocar las manos en la parte central de la portería pegadas a su cuerpo. En los casos de los participantes 2, 4, 5 y 9 se observa una disposición de las manos por debajo de la cabeza, lo que podría indicar que no están manteniendo una situación adecuada de alerta. En cambio, en el caso de los participantes 3, 6, 7 y 8 se observa que durante la sesión de entrenamiento mantuvieron sus manos en una posición más elevada y cercana a su cabeza, favoreciendo de esta forma la reacción y las paradas frente a lanzamientos dirigidos hacia posiciones más altas. En los resultados se puede apreciar que la duración en la sesión de entrenamiento creció un 37, 5% respecto de la primera. El número total de paradas también mostró un crecimiento del 32%.

Mantener una posición de alerta correcta con las manos es importante para optimizar esfuerzos en la realización de las paradas. Comparando los resultados obtenidos por los participantes, se aprecia que aquellos que utilizaron la mano izquierda para atajar los lanzamientos que se realizaron hacia su lazo izquierdo y la mano derecha para los que se realizaron hacia su lado derecho obtuvieron mejores resultados. En cambio, aquellos que emplearon ambas manos para realizar las paradas, obtuvieron en general peores resultados de progreso.

4.2 Experimentación con el HNPT

La experimentación llevada a cabo en el HNPT se realizó en una única sesión con una muestra 9 usuarios, formada por 3 pacientes y 6 miembros del personal clínico del hospital. Los pacientes sufren lesión medular cervical y permanecieron sentados en silla de ruedas durante la prueba. Previo a la experimentación, a través de la Unidad de Biomecánica y Ayudas Técnicas, se solicitó la aprobación del Comité de Ética del HNPT y se contó con su aprobación.

Al igual que en la sesión descrita en la sección anterior, el modo de entrenamiento elegido fue el de "goles objetivo", fijando la cifra objetivo en 15, como en el caso anterior. A diferencia de la prueba con usuarios sanos, el grado de dificultad fue menor: velocidad menor en la trayectoria de los esféricos y tamaño fijo de balón. La experimentación se realizó con portería adaptada que se describió en Sección 3.1. Para la experimentación, se empleó la portería adaptada tal como se describió en la Sección 3.1.

También, tal como sucedió en la sesión con pacientes sanos, cada participante repitió el ejercicio en tres ocasiones. Una primera, sin registro de datos, con la que el usuario puede familiarizarse con el entorno inmersivo y las mecánicas de juego. Dos sesiones posteriores, con el modo de entrenamiento ya comentado, en las que se registraron los datos para su posterior análisis. Un resumen de la experimentación puede ser visionado en: https://www.youtube.com/watch?v=kZJTIwY3xP0.

La Tabla 2 muestra los registros de paradas y tiempos en activo de pacientes y terapeutas, en las dos prácticas monitorizadas. Los usuarios con identificador 1, 4 y 9 son los pacientes con lesión medular. La Figura 8 muestra una representación gráfica 2D del movimiento de cabeza y manos, realizado por los pacientes del experimento en la segunda práctica del ejercicio (no se han incluido las gráficas de los terapeutas debido a las limitaciones de espacio en el artículo).

Como puede observarse, existe una mejora general en el ejercicio 2 en comparación con el ejercicio 1, excepto para los participantes con ID 5 y 8 (participantes sanos). Las mejoras más notables se observan en los sujetos 1 (42.8%), 4 (31.2%), 9 (33.3%), todos ellos pacientes, y en el sujeto 6 (100%). Es muy plausible que la mejora

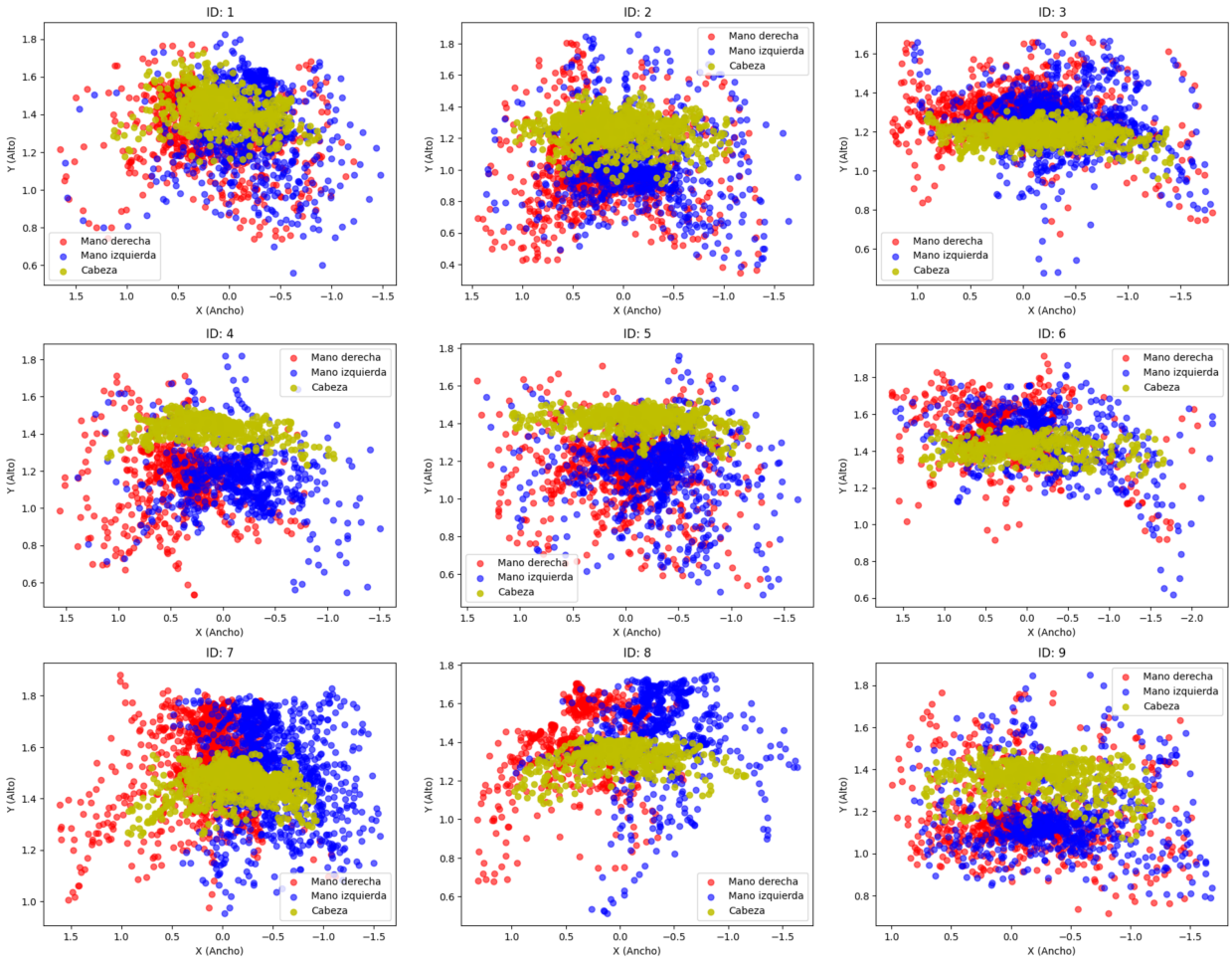


Figure 7: Representación en 2D de la posición de las manos y la cabeza de los participantes durante la 2ªsesión con BM Pozuelo.

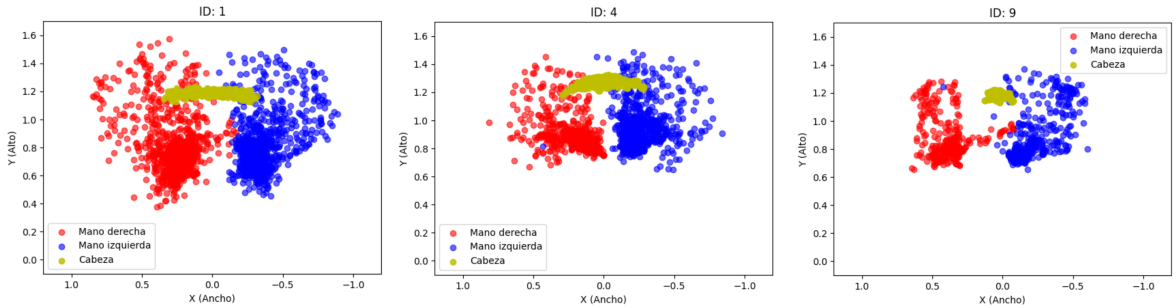


Figure 8: Representación en 2D de la posición de las manos y la cabeza de los participantes durante la 2ªsesión en HNPT

a lo largo de las sesiones pueda atribuirse principalmente a dos factores: 1) una mayor familiaridad con el entorno virtual en la segunda sesión tras la experiencia de la primera, y 2) el ejercicio preliminar en la primera sesión, a modo de calentamiento, prepara los músculos para la segunda sesión.

La representación gráfica permite a los terapeutas evaluar la movilidad de cada individuo, distinguiendo entre el brazo/mano izquierdo y derecho, así como la cabeza. En general, en los pacientes con movilidad limitada (ID 4 y 9), existe una amplitud de movimiento de la cabeza notablemente menor en comparación con

Table 2: Resumen de la sesión de experimentación con pacientes y terapeutas en el HNPT. ID: Identificador, T-S1: tiempo en activo en sg en sesión S1, P-S1: Paradas realizadas en S1, T-S2: tiempo activo en S2, P-S2: paradas en S2, GM: Grado de Mejora.

ID	T-S1	P-S1	T-S2	P-S2	GM
1	99	49	126	70	42,8%
2	100	38	102	49	28,9%
3	96	45	108	54	20%
4	63	16	97	37	31,2%
5	96	51	65	35	-31,4%
6	77	28	122	56	100%
7	64	19	68	23	21%
8	74	25	66	21	-16%
9	56	12	64	16	33,3%
Media	80	31	90	40	29%

los demás usuarios. También hay una menor concentración de puntos y una amplitud reducida debido al movimiento limitado de los brazos y el tronco. Esto no es tan pronunciado en el primer paciente (ID: 1) debido a algunos factores relevantes: mayor tiempo desde la lesión (20 años), rehabilitación acumulada y práctica regular de deporte adaptado.

5 CONCLUSIONES

Este artículo presenta un juego serio de RV inspirado en el entrenamiento de porteros de balonmano, que está diseñado para complementar entrenamientos y terapias tradicionales proporcionando un entorno más atractivo y motivador para el ejercicio. Se ha hecho especial hincapié en el realismo y las condiciones de iluminación para garantizar una percepción precisa de la velocidad y la dirección de la pelota virtual. Además, los usuarios pueden personalizar el modo de entrenamiento según las recomendaciones de su supervisor. El sistema cuenta con menús accesibles diseñados específicamente para pacientes con lesiones medulares y deficiencias motoras en las manos. Una ventaja clave de la propuesta es el registro detallado de la dinámica de movimiento durante los ejercicios, lo que permite evaluar con precisión la mejora del usuario en aspectos críticos como la amplitud, precisión, velocidad y suavidad de los movimientos. Aspectos que pueden ser analizados individualmente para varias partes del cuerpo, como la cabeza, las manos y los brazos.

A pesar de los resultados alentadores, este trabajo tiene ciertas limitaciones. La principal limitación fue la reducida muestra de participantes y el hecho de centrarse en una única sesión de ejercicios en un solo día en ambos escenarios. Esta fase inicial se centró principalmente en analizar la funcionalidad y usabilidad del sistema y en garantizar un entorno de prueba seguro para los usuarios. Este enfoque era esencial antes de ampliarlo a una muestra de mayor tamaño. Teniendo en cuenta estas limitaciones iniciales, está previsto que la siguiente fase de la investigación se base en estos resultados fundamentales. Tras la comprobación por parte del equipo técnico del BM Pozuelo, y del personal del HNPT, sobre la seguridad del sistema y la fiabilidad de los datos recogidos, está previsto que las futuras sesiones incluyan muestras más grandes y repeticiones periódicas. Estos estudios ampliados evaluarán la eficacia y el impacto a largo plazo del sistema de RV en la recuperación de la movilidad y el rendimiento deportivo. Finalmente, como trabajo futuro también está contemplado ampliar el trabajo con la inclusión de más sensores situados sobre las piernas, en el caso del la aplicación a la mejora de rendimiento deportivo en usuarios sanos, con el fin de habilitar todas las partes del cuerpo.

REFERENCES

[1] Kunjal A., K. Govani, R. Gajera, and M. Shah. 2020. Application on virtual reality for enhanced education learning, military training and sports. *Augmented Human Research* 5 (2020), 1–9.

[2] Salazar A Casado-Fernández E Lucena-Antón D Domínguez-Téllez P, Moral-Muñoz JA. 2020. Game-Based Virtual Reality Interventions to Improve Upper Limb Motor Function and Quality of Life After Stroke: Systematic Review and Meta-analysis. *Games for Health Journal* 9, 1 (2020), 1–10.

[3] I. Doumas, G.. Everard, S. Dehem, and T. Lejeune. 2021. Serious games for upper limb rehabilitation after stroke: a meta-analysis. *Journal of neuroengineering and rehabilitation* 18 (2021), 1–16.

[4] V. Herrera, D. Vallejo, J.J. Castro-Schez, Dorothy N. Monekosso, A. de los Reyes, C. Glez-Morcillo, and J. Albusac. 2023. Rehab-Immersive: A framework to support the development of virtual reality applications in upper limb rehabilitation. *SoftwareX* 23 (2023), 101412.

[5] S. Ikbali Afsar, I. Mirzayev, O. Umit Yemisci, and Sacide Nur C.S. 2018. Virtual Reality in Upper Extremity Rehabilitation of Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* 27, 12 (2018), 3473–3478.

[6] R. Karamians, R. Proffitt, D. Kline, and L. V. Gauthier. 2020. Effectiveness of Virtual Reality- and Gaming-Based Interventions for Upper Extremity Rehabilitation Poststroke: A Meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 101, 5 (2020), 885–896.

[7] H. Kaur, A. Kulshreshtha, and D. Ghai. 2023. *A structured review on virtual reality technology application in the field of sports.* 129 – 144 pages.

[8] R. Kobayashi, Rr. Umemoto, K. Takeda, and K. Fujii. 2023. Score prediction using multiple object tracking for analyzing movements in 2-vs-2 Handball. *GCCE 2023 - 2023 IEEE 12th Global Conference on Consumer Electronics* (2023), 946 – 947.

[9] S.H. Lee, H.-Y. Jung, S.J. Yun, B.-M. Oh, and H.G. Seo. 2020. Upper extremity rehabilitation using fully immersive virtual reality games with a head mount display: a feasibility study. *Pm&r* 12, 3 (2020), 257–262.

[10] Randi Q Mao, Lucy Lan, Jeffrey Kay, Ryan Lohre, Olufemi R Ayeni, Danny P Goel, et al. 2021. Immersive virtual reality for surgical training: a systematic review. *Journal of Surgical Research* 268 (2021), 40–58.

[11] A. Marougkas, C. Troussas, A. Krouska, and C. Sgouropoulou. 2023. Virtual reality in education: a review of learning theories, approaches and methodologies for the last decade. *Electronics* 12, 13 (2023), 2832.

[12] E. Pangilinan, S. Lukas, and V. Mohan. 2019. *Creating augmented and virtual realities: theory and practice for next-generation spatial computing.* O'Reilly Media, Inc.

[13] M.F. Pereira, C. Prahm, J. Kolbenschlag, E. Oliveira, and N.F. Rodrigues. 2020. A Virtual Reality Serious Game for Hand Rehabilitation Therapy. In *2020 IEEE 8th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH).* 1–7.

[14] R.J. Poovaraghan and P. Prabhavathy. 2023. Deep YOLOv8-based handball detection system with transfer learning approach. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology* 101, 22 (2023), 7411 – 7424.

[15] J.P. Proença, C. Quaresma, and P. Vieira. 2018. Serious games for upper limb rehabilitation: a systematic review. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology* 13, 1 (2018), 95–100.

[16] J. S. Putranto, J. Heriyanto, S. Achmad, A. Kurniawan, et al. 2023. Implementation of virtual reality technology for sports education and training: Systematic literature review. *Procedia Computer Science* 216 (2023), 293–300.

[17] L. Shahmoradi, S. Almasi, H. Ahmadi, A. Bashiri, T. Azadi, A. Mirbagherie, N. N. Ansari, and R. Honarpishe. 2021. Virtual reality games for rehabilitation of upper extremities in stroke patients. *Journal of bodywork and movement therapies* 26 (2021), 113–122.

[18] W. Standaert, S. Muylle, and A. Basu. 2022. Business meetings in a postpandemic world: When and how to meet virtually. *Business Horizons* 65, 3 (2022), 267–275.

[19] Sarah Vogt, Nina Skjæret-Maroni, Dorothee Neuhaus, and Jochen Baumeister. 2019. Virtual reality interventions for balance prevention and rehabilitation after musculoskeletal lower limb impairments in young up to middle-aged adults: A comprehensive review on used technology, balance outcome measures and observed effects. *International Journal of Medical Informatics* 126 (2019), 46–58. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2019.03.009

Assistive Technologies For Children With Physical Disabilities: A Systematic Literature Review

Belén Luna Lorente
Albacete Research Institute of Informatics, University ofCastilla-La Mancha, Albacete
belen.luna@alu.uclm.es

Lucía Polo Martínez
Albacete Research Institute of Informatics, University ofCastilla-La Mancha, Albacete
lucia.polo2@alu.uclm.es

Victor M. Ruiz Penichet
Department of Computing Systems, University ofCastilla-La Mancha, Albacete
victor.penichet@uclm.es

María D. Lozano Pérez
Department of Computing Systems, University ofCastilla-La Mancha, Albacete
maria.lozano@uclm.es

RESUMEN

Esta revisión sistemática de la literatura, que abarca una década de investigación, examina las assistive technologies para niños con discapacidades físicas, abordando la urgente necesidad de ayudarles. Con 240 millones de niños afectados en todo el mundo, es esencial la incorporación de soluciones innovadoras para mejorar el acceso a la educación, la atención médica y la inclusión social. La revisión, basada en el análisis de 745 artículos extraídos de 4 bases de datos, resalta los avances en assistive technologies centradas en el campo de la informática, como los serious games, la realidad virtual, la robótica y los sensores wearables, mejorando la rehabilitación y monitorización de los pacientes. Además, la gamificación de las tareas de rehabilitación surge como una tendencia prometedora, haciendo que la terapia sea atractiva para los niños. Las nuevas oportunidades de investigación que aparecen actualmente incluyen estudios a mayor escala y adaptación de tecnología. Por tanto, esta revisión, la cual evalúa meticulosamente 30 artículos seleccionados como estudios primarios, orienta los esfuerzos futuros para mejorar la vida de las personas con discapacidad, promoviendo la independencia y la inclusión.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente apoyado por el proyecto nacional concedido por el Ministerio de Ciencia e Innovación (España) con referencia PID2022-140974OB-I00 y por el proyecto regional con referencia SBPLY-21-180501-000056, concedido por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha y los Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER).

Interacción'24, Junio 19-21, 2024. A Coruña, España
Texto completo en: https://doi.org/10.1145/3657242.3658595

Módulo de visión basado en IA para agentes sociales interactivos

F. Xavier Gaya-Morey
francesc-xavier.gaya@uib.es
Universitat de les Illes Balears
Palma, Illes Balears, Spain

Cristina Manresa-Yee
cristina.manresa@uib.es
Universitat de les Illes Balears
Palma, Illes Balears, Spain

Jose M. Buades-Rubio
josemaria.buades@uib.es
Universitat de les Illes Balears
Palma, Illes Balears, Spain

ABSTRACT

Los agentes sociales interactivos desempeñan un papel crucial en diversos ámbitos, proporcionando asistencia inteligente en entornos sanitarios, de entretenimiento y educativos. Los recientes avances en Inteligencia Artificial (IA) han mostrado un potencial prometedor para mejorar la autonomía de estos agentes. Sin embargo, la falta de estandarización en su desarrollo a menudo da lugar a la creación de funcionalidades complejas que son difíciles de transferir a través de diferentes plataformas. En este estudio, presentamos un módulo de visión artificial de propósito general diseñado para abordar este reto. Nuestro módulo presenta una estructura modular que permite una fácil escalabilidad e integración en diversos entornos. Actualmente, el módulo admite siete tareas, entre las que se incluyen la detección de rostros y personas, el reconocimiento facial, el reconocimiento de expresiones faciales, la estimación de puntos faciales de referencia, la estimación de la edad y el sexo, y la sustracción del fondo, y ofrece hasta 21 métodos de visión por ordenador. Además, integramos funciones de explicabilidad para aumentar la confianza del usuario en el sistema. En el futuro, pretendemos ampliar el módulo añadiendo nuevas tareas y métodos para satisfacer las necesidades que vayan surgiendo. Nuestro objetivo es agilizar la integración de las capacidades de la IA en los agentes sociales interactivos, simplificando su desarrollo y mejorando su utilidad en diversas aplicaciones.

KEYWORDS

Agentes Sociales Interactivos, Interacción Persona-Ordenador, Inteligencia Artificial, Visión por Ordenador

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación es parte del proyecto PID2022-136779OB-C32 financiado por MCIN/ AEI /10.13039/501100011033/ y por FEDER Una manera de hacer Europa, Playful Experiences with Interactive Social Agents and Robots (PLEISAR): Social Learning and Intergenerational Communication. También es parte del proyecto PID2019-104829RA-I00 financiado por MCIN/ AEI /10.13039/501100011033/ y por FEDER Una manera de hacer Europa, EXPLainable Artificial INtelligence systems for health and well-beING (EXPLAINING). Este trabajo ha sido posible gracias a la concesión de la ayuda de la Consejería de Fondos Europeos, Universidad y Cultura del Gobierno de las Illes Balears al autor F.X Gaya-Morey.

Interacción'24, Junio 19–21, 2024, A Coruña, España
Texto completo en: https://doi.org/10.1145/3657242.3658601.

Desarrollo de una Aplicación Web Progresiva para el Soporte de Cuentoterapia

Progressive Web Application for Storytelling Therapy Support

Javier Jiménez-Honrado
Felipe Costa-Tebar
Instituto de Investigación I3A
Universidad de Castilla-La Mancha
Albacete, España
javier.jimenez19@alu.uclm.es
felipe.costa@uclm.es

Javier Gómez García
Felix A. Marco
F.C.S. y Tecnologías de la Inf.
Universidad de Castilla-La Mancha
Talavera, España
javier.gomez21@alu.uclm.es
felix.albertos@uclm.es

Jose A. Gallud
Gabriel Sebastián Rivera
E.S. Ingeniería Informática
Universidad de Castilla-La Mancha
Albacete, España
jose.gallud@uclm.es
gabriel.sebastian@uclm.es

RESUMEN

A pesar de todos los avances promovidos por las tecnologías de la información, todavía existen actividades en las que no se utilizan las nuevas tecnologías, como en el caso de algunas organizaciones sin ánimo de lucro, que no han adoptado esta modernización. Hasta hace poco, la forma de trabajar con dispositivos móviles era o bien conectándose a través de una página web con el navegador del dispositivo, o bien descargando una aplicación desde la plataforma correspondiente. Últimamente se están desarrollando tecnologías que pretenden romper con esto, como es el caso de las Aplicaciones Web Progresivas (PWA). Una de las ventajas que ofrecen las PWA es que permiten acceder a la página web como una aplicación en el dispositivo. El propósito de este artículo es diseñar una aplicación Web progresiva para el apoyo de la Terapia de Cuentacuentos, la cual consiste en una novedosa terapia aplicada en el campo de la salud mental. Además de proporcionar una aplicación informática para mejorar los talleres de Terapia de Cuentacuentos, también se pretende en este artículo analizar y comprobar las ventajas de las PWA en un caso real.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente apoyado por el proyecto nacional concedido por el Ministerio de Ciencia e Innovación (España) con referencia PID2022-140974OB-I00 y por el proyecto regional con referencia SBPLY-21-180501-000056, concedido por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha y los Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER).

Interacción'24, Junio 19-21, 2024. A Coruña, España
Texto completo en: https://doi.org/10.1145/3657242.3658588

Puzzling Patterns: Assessing Neck Range of Motion Using a Mobile Puzzle Exergame

Maria Francesca Roig-Maimó
Javier Varona
Ramon Mas-Sansó
University of the Balearic Islands
Palma, Spain

I. Scott MacKenzie
York University
Toronto, Canada

Iosune Salinas-Bueno
University of the Balearic Islands
Palma, Spain
Health Research Institute of the Balearic Islands (IdISBa)
Palma, Spain

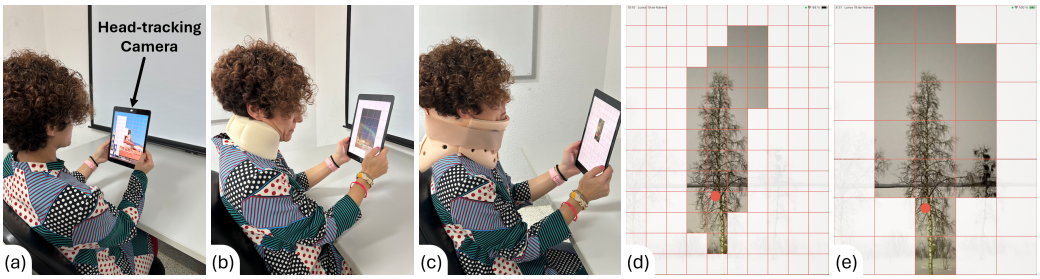


Figura 1: El juego del puzzle – un exergame para explorar el rango de movimiento (ROM) cervical: (a) Sin restricción en la movilidad, (b) con movilidad restringida mediante un collarín blando y (c) con movilidad restringida mediante un collarín rígido. La dificultad del puzzle se establece mediante dos niveles de ganancia del head-tracker integrado (alta y baja) y dos configuraciones del número de casillas que ocultan la imagen a revelar: (d) 13×10 y (e) 7×5.

RESUMEN

El rango de movimiento (ROM) cervical es un aspecto crucial en la evaluación después de una lesión en el cuello y antes de la rehabilitación cervical. En este trabajo exploramos el uso de un exergame (un puzzle), que integra un head-tracker, para predecir el grado de ROM cervical. Usando el movimiento de la cabeza, los usuarios desplazan el cursor sobre una imagen escondida por una matriz de casillas con el objetivo de ir eliminando las casillas y así revelar la imagen subyacente. En un estudio de usuario con un diseño *within-subjects* controlamos el grado de movilidad de los participantes colocándoles un collarín cervical rígido (restricción severa), un collarín cervical suave (restricción moderada) o ningún collarín (sin restricción), tal y como muestra la Figura 1. También controlamos la dificultad de la tarea a realizar a través del número de casillas a eliminar (13×10, 7×5) y la ganancia del head-tracker (alta, baja). La tasa de eliminación de casillas por grado de restricción de movilidad osciló desde un ≈30 %, para la restricción severa, hasta un ≈95 %, para ninguna restricción (con un ≈50 % para la restricción moderada). Los resultados sugieren los siguientes niveles de dificultad (en orden ascendente) en función del número de casillas y la ganancia del head-tracker: (1) 7×5, ganancia alta, (2) 7×5, ganancia baja, (3) 13×10, ganancia alta y (4) 13×10, ganancia baja. Este orden de dificultad ascendente se recomienda para personas con afecciones cervicales, con el fin de evitar su sobreesfuerzo. Los datos recopilados también se utilizaron como *dataset* para el aprendizaje automático con un modelo *Random Forest*. La categoría de grado de restricción de movilidad (severa, moderada, ninguna) se predijo correctamente en el 80,6 % de las 36 muestras. Estos resultados son un primer paso en el uso de un exergame, junto con algoritmos de aprendizaje, para categorizar automáticamente a los pacientes según su grado de ROM cervical.

KEYWORDS

Cervical rehabilitation, mobile devices, eHealth, head-tracker, physiotherapy, exergame, range of motion

Interacción'24, Junio 19–21, 2024, A Coruña, España
. https://doi.org/10.1145/3657242.3658589

Aplicaciones Cardboard VR para el entrenamiento en el reconocimiento de emociones

Marco J. Gómez Martínez
Instituto de Investigación en Informática de Albacete (I3A)
Univ. de Castilla-La Mancha
marcojavier.gomez@alu.uclm.es

Arturo S. García Jiménez
Instituto de Investigación en Informática de Albacete (I3A)
Univ. de Castilla-La Mancha
arturosimon.garcia@uclm.es

Patricia Fernández Sotos
Servicio Murciano de Salud
Centro de Salud Mental de Cartagena (Murcia)
patricia.fernandez8@carm.es

Antonio Fernández Caballero
Instituto de Investigación en Informática de Albacete (I3A)
Univ. de Castilla-La Mancha
antonio.fdez@uclm.es

José Pascual Molina Massó
Instituto de Investigación en Informática de Albacete (I3A)
Univ. de Castilla-La Mancha
josepascual.molina@uclm.es

RESUMEN

Muchas personas experimentan en su día a día dificultades para reconocer el estado emocional de las personas con las que se relacionan. Este estado suele hacerse visible a través de expresiones faciales. Con el fin de aportar nuevas herramientas que los especialistas puedan usar en sus terapias para ayudar a estas personas, a afrontar y superar esas dificultades, en este trabajo se proponen cuatro juegos con diferentes enfoques pero todos compartiendo una idea común: el uso de realidad virtual inmersiva de bajo costo basada en aplicaciones para móviles y gafas Cardboard. Para garantizar su utilidad terapéutica, se ha contado durante el desarrollo con la colaboración de una psiquiatra. En este trabajo se detalla, también, una primera evaluación con la que se ha querido asegurar, además, su correcto funcionamiento y usabilidad antes de poner estos juegos en práctica en terapias con pacientes reales.

CCS CONCEPTS

• Human-centered computing

KEYWORDS

Realidad virtual, cardboard, rehabilitación, emociones

ACM Reference format:

M.J. Gómez Martínez at al. 2024. Aplicaciones Cardboard VR para el entrenamiento en el reconocimiento de emociones. In *Proceedings of XXIV International Conference on Human Computer Interaction (Interacción'24), June 19-21, 2024, A Coruña, Spain, 4 pages.*

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).
Interacción'24, Junio 19-21, 2024. A Coruña, España.
© 2024 Copyright held by the owner/author(s).

1 Introducción

La cognición social engloba el conjunto de procesos mentales implicados en la percepción, interpretación y comprensión de las interacciones sociales, que permiten a los individuos reconocer las emociones, intenciones y comportamientos de los demás [1, 2]. Estos procesos son fundamentales para adaptarse al entorno social, tomar decisiones en situaciones interpersonales y establecer relaciones, lo que a su vez contribuye al bienestar emocional. Existen trastornos que afectan a la cognición social, generando dificultades para interpretar y responder a las señales emocionales de los demás, lo que puede dar lugar a malentendidos y conflictos [3]. Algunos ejemplos de estos trastornos son la esquizofrenia [4], el trastorno bipolar [2] y el autismo [5].

Este trabajo se centra en el uso de Realidad Virtual (RV) de bajo coste para la creación de nuevas terapias para el tratamiento de déficits en cognición social. Para ello, se han desarrollado juegos propios basados en la tecnología de Cardboard, con la que poner la RV al alcance de un mayor número de pacientes, además de abrir la posibilidad de que estos juegos puedan ser usados tanto en sesiones presenciales como en el hogar de los pacientes.

2 Trabajos relacionados

Estudios anteriores han demostrado la utilidad del entrenamiento en reconocimiento de emociones para pacientes diagnosticados de trastorno del espectro autista o síndrome de Asperger [5, 6]. Aunque en las terapias se utilizan con frecuencia fotos estáticas de expresiones faciales [7], las herramientas informáticas como "Emotion Trainer" [8] y "Lets Face It!" [9] son cada vez más habituales. Sin embargo, la principal crítica al uso de imágenes se asocia a su baja validez ecológica [10], [11]. Otros estudios han explorado el uso de la tecnología de RV para el reconocimiento de emociones [12] y para entrenar habilidades sociales. En [13] se examinó la viabilidad de una intervención de RV inmersiva destinada a mejorar las habilidades sociales, la cognición social y

el funcionamiento social de adultos jóvenes diagnosticados de autismo de alto funcionamiento. En relación con el trastorno psicótico, el estudio de [14] trató de evaluar la viabilidad y aceptabilidad de una intervención de RV denominada DiSCoVR.

A pesar del creciente uso de la tecnología de RV inmersiva para tratar los déficits de cognición social, no se ha hecho un gran esfuerzo por utilizar una que pueda ser utilizada por los individuos en casa. Una de esas tecnologías que permiten acercar la RV a una mayor audiencia son las gafas Cardboard [15], con la que se puede convertir cualquier smartphone compatible en un visor de RV. En las tiendas online (Google Play, Apple App Store) se pueden encontrar aplicaciones para estas gafas con fines educativos e incluso terapéuticos, como por ejemplo "En la piel de un niño con Dislexia" [16]. Otro ejemplo es "Beyond VR" [17], que permite entrenar el rol de orador ante una audiencia virtual. Sin embargo, en los últimos años muchas aplicaciones han desaparecido de esas tiendas bien porque los desarrolladores las retiran o bien porque lo hace Google [18]. Otras empresas han apostado por las Cardboard pero fuera de esas tiendas, como por ejemplo Nesplora [19], que desarrolló aplicaciones para las gafas Samsung Gear VR con las que valorar a niños que pudieran tener TDAH, o la empresa Dicopt [20], que desarrolla juegos para Cardboard con los que tratar a niños con ojo vago. En el presente trabajo se sigue apostando por esta tecnología.

3 Descripción de los juegos para Cardboard VR

El objetivo principal de los cuatro juegos siguientes es ayudar al paciente a reconocer emociones identificándolas con distintos personajes u objetos en la RV. También se pretende que los usuarios se sientan más inmersos en el juego a través no sólo de fotos panorámicas de 360 grados, sino también de sonidos y ruidos de fondo, así como incluyendo elementos interactivos que al usuario le resulten de uso intuitivo, como menús con botones o paneles de texto. Para alcanzar estos objetivos y garantizar la validez clínica del software desarrollado, una psiquiatra participó en este trabajo desde el principio, comenzando por la concepción y el diseño de los juegos, y continuando durante el desarrollo mediante la supervisión de los progresos realizados.

El desarrollo de estos juegos se llevó a cabo utilizando el editor y motor Unity, que se seleccionó porque admite la creación de juegos 3D para smartphones Android y gafas compatibles con Cardboard VR v2, que tienen un botón que el usuario puede pulsar. El smartphone de destino debe ejecutar Android versión 5.0 “Lollipop” o superior para ser compatible con Cardboard VR.

3.1 ¿Quién es el responsable?

Este primer juego se basa en la idea de emparejar una emoción (alegría, enfado, tristeza o neutro) con un texto o frase que se relacione con ella. Las emociones están representadas por personajes virtuales que muestran expresiones faciales y animaciones corporales asociadas a cada una de ellas.

El juego consta de tres escenas, en cada una de las cuales el usuario verá una frase y tres personajes virtuales que representan distintas emociones. Si el usuario selecciona correctamente el personaje virtual que representa la emoción descrita por la frase, aparecerá un texto en el panel situado frente al usuario, dando una explicación complementaria de la respuesta correcta (Fig. 1). Un panel de pistas se activa cuando el usuario no consigue identificar la emoción o se le acaba el tiempo. Además, si esto no es suficiente y el usuario sigue seleccionando un personaje que no muestra la emoción solicitada, se mostrará un mensaje indicando el error, explicando la emoción que representa el personaje seleccionado.

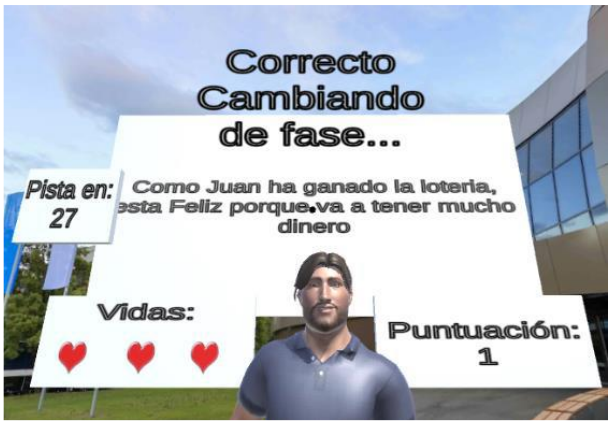


Figura 1: Instantánea del juego “¿Quién es el responsable?”.

3.2 Paseo por la ciudad

Este juego se basa en la idea de emparejar una emoción determinada (alegría, enfado, tristeza, miedo, asco, sorpresa o neutro) con uno o varios personajes que la representan mediante expresiones faciales, animaciones o ambas cosas mientras caminan hacia el usuario en un entorno urbano (Fig. 2).

Figura 2: Juego “Paseo por la ciudad”: Personajes virtuales.

Existen tres niveles de dificultad, teniendo que reconocer un personaje (de entre 4) con la emoción correspondiente en el primer nivel, dos personajes (de entre 4 también) en el segundo nivel y de uno a tres personajes (de entre 5) en el tercer nivel. Si pasan los personajes y el usuario no ha identificado todas las emociones solicitadas, pasará otro grupo de personajes y se

volverá a empezar la identificación. En el caso del segundo y tercer nivel, hay un panel que indica el número de personajes que quedan por identificar durante esa ronda.

3.3 Baloncesto VR

Este juego se basa en la idea de emparejar una emoción (alegría, tristeza, enfado, miedo, asco o sorpresa), representada en una frase, con la misma emoción pero representada como un "emoticono" o "emoji" (Fig. 3). Los emojis son pelotas de baloncesto, y el usuario no sólo tiene que coger la que mejor se relacione con la frase (y, por tanto, con la emoción), sino también encestar para pasar a la siguiente frase. Para recoger una pelota hay que apuntar con las gafas Cardboard y pulsar (y mantener pulsado) el botón de las mismas. Cuando se recoge, aparece una barra de fuerza, que se irá llenando mientras el usuario mantenga pulsado el botón. Cuando el usuario suelta el botón, la pelota se lanza en la dirección inicial a la que el usuario está apuntando con las gafas Cardboard, siguiendo una trayectoria parabólica.

Figura 3: "Baloncesto" ejecutándose en un teléfono Android.

3.4 Cartas y emociones

Se trata de un juego de memoria en el que se coloca un número par de cartas sobre una mesa, y el objetivo es emparejar una carta que contenga un emoticono (alegría, tristeza, enfado, asco, miedo, sorpresa o neutro) con su pareja (Fig. 4). Al principio, todas las cartas aparecen boca abajo. El usuario puede darle la vuelta a una carta para ver su emoticono y decidir si la deja boca abajo de nuevo o intenta encontrar su pareja dándole la vuelta a otra carta. Para dar la vuelta a una carta, el usuario sólo tiene que apuntarla con las gafas Cardboard y pulsar el botón de las mismas. Hay tres niveles diferentes, que tienen distintos números de tarjetas, emociones y vidas.

4 Evaluación

4.1 Objetivo y alcance

El objetivo es medir y analizar la calidad en uso y la usabilidad de los juegos, para así obtener una retroalimentación que será empleada en mejorarlos para su uso terapias de rehabilitación.

Figura 4: "Cartas y emociones": todas las cartas boca arriba.

4.2 Participantes

En esta evaluación se contó con un total de 8 participantes neurotípicos. Sus edades estaban comprendidas entre los 20 y los 60 años. De los ocho, 4 aseguraron tener un nivel en informática de usuario alto, 3 medio y uno bajo. Por último, 5 de ellos indicaron haber probado previamente alguna experiencia de RV.

4.3 Tareas, procedimiento y configuración

Para esta evaluación, se definieron 5 tareas, 4 en las que el participante asumirá el rol de jugador/paciente y 1 en la que el participante toma el rol de administrador/terapeuta. En las primeras, el sujeto tenía que recopilar información sobre el juego e interactuar con el mismo. En la última, el participante tenía que editar o modificar datos del juego. En todas ellas se persigue conocer si el participante localiza la funcionalidad, si puede hacer uso de ella, y que no encuentra problemas al hacerlo. El criterio de cumplimiento se basó en si el sujeto realiza o no la acción, y en el caso de una pregunta si la responde o no correctamente.

Todos los participantes realizaron las tareas sentados, con las gafas Cardboard VR puestas en aquellas que tomaba el papel de jugador/paciente, o frente al ordenador en el que editaba los juegos en su papel de administrador/terapeuta. El evaluador se mantuvo al lado del participante en caso de asistencia o necesidad en la tarea. Tras las explicaciones iniciales, se daba comienzo a las tareas, anotando durante su desarrollo las asistencias, los errores y el tiempo que el participante empleaba para realizar cada una de ellas. Al terminar, el participante rellenaba un cuestionario.

4.4 Datos recogidos

Para analizar la usabilidad de las aplicaciones se han considerado las tres dimensiones principales (eficacia, eficiencia y satisfacción) recogidas en la norma definida por la ISO 9441-11:2018. Las métricas empleadas han sido:

- Eficacia: tasa de completitud (asistida y desasistida) y errores (Fe = Número de errores / Número de pasos de la tarea).
- Eficiencia: tiempo real en realizar la tarea (Ta) y tiempo esperado en realizar la tarea (Tt), siendo E = (Tt / Ta) x 100.
- Satisfacción: cuestionario SUS (System Usability Scale).

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos para efectividad y eficiencia, promediados entre los participantes y expresados en tanto por ciento. La Figura 5 muestra los resultados del test SUS, por cada participante y la media de todos ellos.

Tarea	Tasa de completitudde sasistida (%)	Tasa de completitud asistida (%)	Frecuencia de error (%)	Eficiencia (%)
1	97,22	2,78	2,78	46,46
2	95,83	4,17	6,25	21,83
3	96,88	3,12	3,13	44,58
4	96,15	3,85	3,85	49,56
5	100,00	0,00	0,00	40,89
Media	97,24	3,36	3,20	40,66

Tabla 1: Resultados globales por tarea y en media.

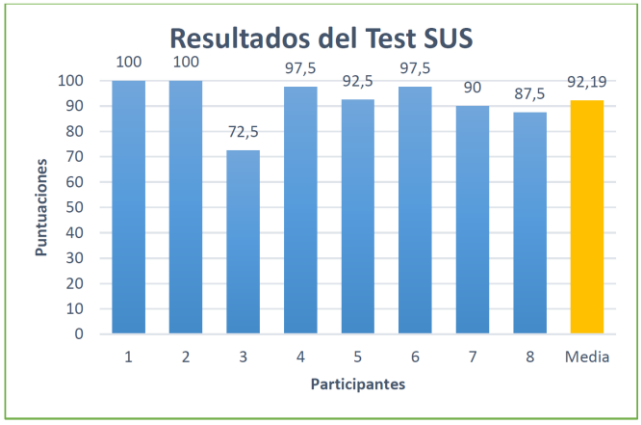


Figura 5: Puntuaciones del cuestionario SUS.

4.5 Análisis

Exceptuando la eficiencia, el resto de los resultados pueden calificarse como positivos o muy positivos. En el caso de la eficiencia, la puntuación obtenida es más baja respecto al resto dado que el evaluador daba las indicaciones justas para que el usuario tuviese una experiencia de primer uso real. Sobre la satisfacción, a partir de las respuestas obtenidas y la propia fórmula de cálculo del test SUS, se han obtenido una serie de valores medios muy positivos en la mayoría de los participantes, consiguiendo la puntuación máxima posible de este (100) en un par de casos. En el caso de la nota mínima (72,5), el participante pensaba que algunos aspectos podrían resultar muy complejos para pacientes reales. Por último, la media de la puntuación ha sido bastante elevada (92,19). Las valoraciones fueron acompañadas de comentarios con sugerencias y mejoras.

5 Conclusiones

En este trabajo se han presentado cuatro juegos para Cardboard VR que tienen como objetivo ayudar a personas con problemas de cognición social. Estos juegos han sido diseñados, y su desarrollo perfeccionado iterativamente, con la ayuda y supervisión de una psiquiatra, y la funcionalidad y facilidad de uso de la aplicación se ha comprobado realizando una evaluación con 8 personas. Ahora se abre el camino para que los pacientes tengan un primer contacto con estos juegos, como siguiente paso de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Proyectos PID2020-115220RB-C21 y PID2023-149753OBC21, financiados por MCIN/AEI/10.13039/501100011033, y 2022-GRIN-34436, financiado por la UCLM, ambos financiados también por “FEDER Una manera de hacer Europa”.

REFERENCIAS

[1] Brothers, L.: The neural basis of primate social communication. Motivation and Emotion 14(2), 81-91 (1990).
[2] Pinkham, A.E., Penn, D.L., Green, M.F., Buck, B., Healey, K., Harvey, P.D.: The social cognition psychometric evaluation study: Results of the expert survey and RAND panel. Schizophrenia Bulletin 40(4), 813-823 (2014).
[3] Lahera, G., Ruiz-Murugarren, S., Iglesias, P., Ruiz-Bennasar, C., Herrería, E., Montes, J.M., Fernández-Liria, A.: Social cognition and global functioning in bipolar disorder. J. of Nervous and Mental Disease 200(2), 135-141 (2012).
[4] Gottesman, I.I.: Schizophrenia Genesis: The Origins of Madness. WH Freeman/Times Books/Henry Holt & Co (1991).
[5] Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Skinner, R., Martin, J., Clubley, E.: The autism-spectrum quotient (AQ): Evidence from Asperger syndrome/high-functioning autism, male sand females, scientists and mathematicians. Journal of Autism and Developmental Disorders 31(1), 5-17 (2001)
[6] Bölte, S., Feineis-Matthews, S., Leber, S., Dierks, T., Hubl, D., Poustka, F.: The development and evaluation of a computer-based program to test and to teach the recognition of facial affect. International journal of circumpolar health 61, 61-68 (2002).
[7] Ginani, G.E., Pradella-Hallinan, M., Pompéia, S.: Identification of emotional expressive-ness in facial photographs over 36h of extended vigilance in healthy young men – a pre-liminary study. Cognition and Emotion 31(2), 339-348 (2017).
[8] LaCava, P.G., Golan, O., Baron-Cohen, S., Myles, B.S.: Using assistive technology to teach emotion recognition to students with Asperger syndrome a pilot study. Remedial and Special Education 28(3), 174-181 (2007).
[9] Silver, M., Oakes, P.: Evaluation of a new computer intervention to teach people with autism or Asperger syndrome to recognize and predict emotions in others. Autism 5(3), 299-316 (2001).
[10] Roark, D.A., Barrett, S.E., Spence, M.J., Abdi, H., O’Toole, A.J.: Psychological and neural perspectives on the role of motion in face recognition. Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews 2(1), 15-46 (2003).
[11] Garrido, M.V., Lopes, D., Prada, M., Rodrigues, D., Jerónimo, R., Mourão, R.P.: The many faces of a face: Comparing stills and videos of facial expressions in eight dimensions (SAVE database). Behavior Research Methods 49(4), 1343-1360 (2016).
[12] del Aguila J., González-Gualda L.M., Játiva M.A., Fernández-Sotos P., Fernández-Caballero A. and García A.S. How Interpersonal Distance Between Avatar and Human In-fluences Facial Affect Recognition in Immersive Virtual Reality. Front. Psychol. 12:675515. doi: 10.3389/fpsyg.2021.675515 (2021).
[13] Kandalaft, M.R., Didehbani, N., Krawczyk, D.C. et al. Virtual Reality Social Cognition Training for Young Adults with High-Functioning Autism. J Autism Dev Disord 43, 34–44. https://doi.org/10.1007/s10803-012-1544-6 (2013).
[14] Nijman, S.A., Veling, W., Greaves-Lord, K. et al. Dynamic interactive social cognition training in virtual reality (DiSCoVR) for people with a psychotic disorder: single-group feasibility and acceptability study. JMIR mental health, vol. 7, no 8. doi:10.2196/17808 (2020).
[15[Google. Cardboard. URL: https://arvr.google.com/intl/es_es/cardboard/
[16] Smile and Learn. En la piel de un niño con dislexia. URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=net.smileandlearn.dyslexia
[17] Beyond. Beyond VR: Public Speaking. URL: https://www.beyondvr.ca/
[18] Google. Target API level requirements for Google Play apps. URL: https://support.google.com/googleplay/android-developer/answer/11926878
[19] Nesplora. Evaluación neuropsicológica con realidad virtual parra profesionales. URL: https://nesplora.com/
[20] Dicopt. Terapias para el ojo vago con realidad virtual. URL: https://dicopt.com/

Demostradores

Plataforma en la nube para la rehabilitación física de pacientes afectados por enfermedades neurológicas

Sergio Medina-Cid
Department of Computer Science, University of Castilla-La Mancha
Ciudad Real, Spain

David Vallejo
Department of Computer Science, University of Castilla-La Mancha
Ciudad Real, Spain

Santiago Schez-Sobrino
Department of Computer Science, University of Castilla-La Mancha
Ciudad Real, Spain

José J. Castro-Schez
Department of Computer Science, University of Castilla-La Mancha
Ciudad Real, Spain

Carlos Glez-Morcillo
Department of Computer Science, University of Castilla-La Mancha
Ciudad Real, Spain

Javier A. Albusac
Department of Computer Science, University of Castilla-La Mancha
Ciudad Real, Spain

ABSTRACT

Este artículo presenta una plataforma basada en la nube para la rehabilitación física de pacientes con enfermedades neurológicas, especialmente accidentes cerebrovasculares. La solución propuesta facilita la gestión clínica mediante la monitorización activa y el análisis de datos para la realización autónoma de ejercicios de rehabilitación en casa. La plataforma se compone de una aplicación para pacientes y otra para terapeutas, integrando tecnologías inmersivas y de apoyo a la decisión para personalizar las rutinas de rehabilitación. La plataforma es accesible usando solo un ordenador portátil y una webcam estándar, promoviendo la rehabilitación autónoma en el hogar y mejorando la accesibilidad de las soluciones tecnológicas para la rehabilitación física.

KEYWORDS

Rehabilitación física, interfaces naturales, desarrollo tecnológico en salud, telemedicina, realidad aumentada, apoyo a la decisión.

1 CONTEXTO Y PROBLEMÁTICA

Los accidentes cerebrovasculares se encuentran entre las principales causas de muerte y discapacidad en todo el mundo. Se proyecta que para el año 2030, los derrames cerebrales causarán ocho millones de muertes anuales, siendo la segunda causa principal de muerte y discapacidad en Europa, con un coste para la Unión Europea de más de 30 mil millones de euros [6]. Esta condición muestra una predilección por la población de edad avanzada, con síntomas que presentan considerable heterogeneidad entre los pacientes y potenciales impactos tanto en sus facultades físicas como cognitivas. La recuperación después de un derrame cerebral puede llevar varios meses, siendo crucial la supervisión de una rutina de rehabilitación física por parte de profesionales de la salud durante este período.

El enfoque principal de la rehabilitación después de un derrame cerebral se centra en la recuperación física. Los fisioterapeutas ayudan a los pacientes a realizar ejercicios de rehabilitación física diseñados para restaurar la movilidad y la autonomía. Los ejercicios funcionales permiten que los pacientes realicen tareas rutinarias de forma autónoma dentro de su entorno doméstico, lo que puede aumentar simultáneamente la fuerza, velocidad, resistencia y precisión, otorgando al paciente un mayor grado de independencia.

Interacción'24, Junio 19–21, 2024, A Coruña, España

Recientemente, la rehabilitación en casa ha evolucionado como un sustituto práctico para los métodos convencionales de rehabilitación [4]. La telerehabilitación facilita el tratamiento de derrames cerebrales y otras dolencias mediante la ejecución de ejercicios de rehabilitación en el domicilio del paciente, empleando tecnologías inmersivas como la realidad virtual [3], aumentada y mixta para guiar los movimientos del paciente mientras realizan ejercicios de rehabilitación de forma independiente [1, 5]. Una aplicación tecnológica novedosa en el ámbito de la rehabilitación física implica el uso de sistemas de apoyo a la decisión, que ayudan a los terapeutas a determinar la rutina de rehabilitación adecuada para cada paciente individual, teniendo en cuenta variables como los ejercicios específicos a realizar por el paciente y el número requerido de repeticiones para cada ejercicio [2].

2 VISIÓN GENERAL DE LA PROPUESTA

En este trabajo proponemos una solución tecnológica basada en la nube para la rehabilitación física de pacientes que han sufrido un accidente cerebrovascular. La plataforma facilita la gestión clínica a través de la supervisión activa y el análisis de datos para el entrenamiento de tareas repetitivas de miembros superiores en casa. La aplicación del terapeuta permite i) definir y asignar rutinas de rehabilitación, ii) monitorizar el progreso de los pacientes de forma offline, e iii) interactuar con ellos a través de comunicación en vivo por audio-video, si es necesario. La aplicación del paciente, basada en interfaces naturales de usuario, muestra la terapia prescrita e incorpora elementos de gamificación para motivar a los pacientes.

El paciente solo necesita un ordenador portátil y una webcam estándar para llevar a cabo la rehabilitación en casa, que será guiada por la plataforma. El tracking del movimiento de las extremidades se realiza con precisión y proporciona al terapeuta una medida objetiva del progreso. El terapeuta puede trabajar con uno o más pacientes remotos simultáneamente con comunicación en vivo por audio-video o de forma offline, en cuyo caso la evaluación del paciente se ve más tarde. Esto posibilita que el paciente reciba la cantidad recomendada de terapia con tratamientos de fisioterapia supervisados más frecuentes y con un menor coste. Las rutinas de rehabilitación pueden ser personalizadas por el terapeuta.

La Figura 1 proporciona una visión global, a nivel arquitectónico, de la propuesta presentada en este trabajo. Como se puede observar, hay dos aplicaciones que se comunican entre sí a través de infraestructura en la nube. Por un lado, la aplicación del terapeuta

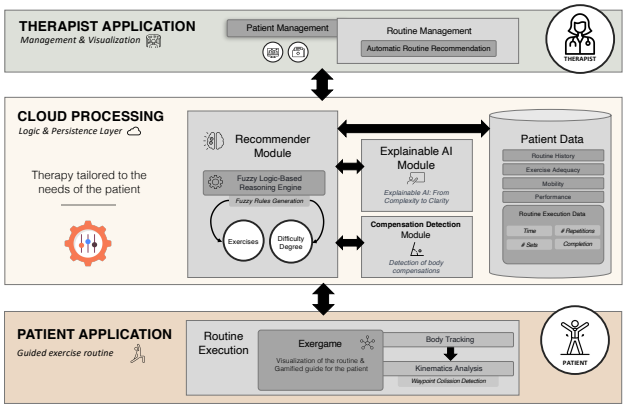


Figure 1: Visión general de la arquitectura propuesta. Las aplicaciones del terapeuta y del paciente se sustentan sobre una capa de procesamiento en la nube, que incluye funcionalidades avanzadas de recomendación automática de ejercicios.

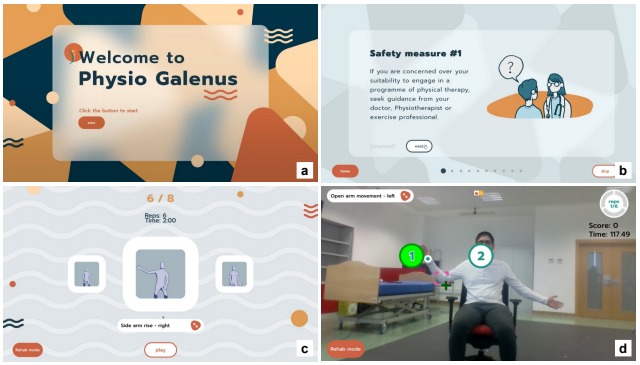


Figure 2: Capturas de pantalla de la aplicación del paciente. a) Pantalla de presentación. b) Tutorial inicial sobre usabilidad y seguridad. c) Selector de ejercicios de rehabilitación (modo independiente). d) Pantalla principal para rehabilitación física.

permite el seguimiento de los pacientes e incluye funcionalidades para la gestión de usuarios y la creación de rutinas de rehabilitación. Por otro lado, la aplicación del paciente permite que el paciente realice ejercicios de rehabilitación de manera autónoma desde casa, de acuerdo a la rutina previamente asignada por el terapeuta.

La Figura 2 muestra el aspecto visual de la aplicación utilizada por los pacientes a través de diferentes vistas. En particular, la aplicación ofrece una serie de consejos sobre cómo utilizar la aplicación (ver Figura 2.b). Actualmente, la aplicación ofrece dos modos principales: i) modo rutina, donde el paciente realiza los ejercicios de la rutina previamente asignada por el terapeuta, y ii) modo autónomo, donde el paciente puede elegir qué ejercicio realizar (ver Figura 2.c). Por otro lado, la vista en la que el paciente realiza la rehabilitación ha sido diseñada teniendo la usabilidad como elemento fundamental. Para ello, se utilizan esferas virtuales, que están numeradas de modo que el usuario sepa por qué área del espacio físico debe pasar cada articulación de su cuerpo, siempre en un orden predefinido. La articulación de referencia para cada ejercicio se marca con un pequeño círculo blanco que contiene un punto verde. Además, es posible fijar articulaciones para que el paciente no compense la falta de movilidad con otras partes del cuerpo. Por ejemplo, la Figura 2.d muestra cómo el paciente debe fijar su codo (articulación marcada con una cruz verde) en un cierto punto del espacio (cuadrícula rosa) para realizar el ejercicio correctamente.

Finalmente, la aplicación utiliza un modelo de aprendizaje automático para realizar el tracking del esqueleto del paciente. Esta elección de diseño es diferente de otras aplicaciones comerciales existentes, ya que nuestro sistema puede funcionar en cualquier ordenador o teléfono móvil con una cámara web estándar. En este sentido, es capaz de trabajar directamente sobre imágenes 2D sin la necesidad de usar dispositivos de hardware específicos que calculen posiciones y orientaciones en el espacio 3D. Esta elección aumenta enormemente la accesibilidad de las soluciones tecnológicas para la rehabilitación física, ya que no se requiere hardware específico (como aquellos con sensores de profundidad integrados), posibilitando así la investigación en aspectos tan relevantes como la interacción persona-ordenador.

ACKNOWLEDGMENTS

Este trabajo ha sido financiado por la Universidad de Castilla-La Mancha (España) bajo el Proyecto 2023-GRIN-34400. Este trabajo ha sido financiado por la Universidad de Castilla-La Mancha (España) bajo el Proyecto ID 2023-GRIN-34400 y por el Ministerio de Ciencia e Innovación MCIN/AEI/10.13039/501100011033 bajo el Proyecto de Investigación: Desarrollo, implementación y despliegue en la nube de la plataforma REHAB-IMMERSIVE para la rehabilitación de los miembros superiores, PID2020-117361RB-C21 y PID2020-117361RB-C22.

REFERENCES

[1] Alessandra Berton, Umile Giuseppe Longo, and Vincenzo et al. Candela. 2020. Virtual reality, augmented reality, gamification, and telerehabilitation: psychological impact on orthopedic patients' rehabilitation. *Journal of clinical medicine* 9, 8 (2020), 2567.

[2] Cristian Gmez-Portes, José Jesús Castro-Schez, Javier Albusac, Dorothy N Monekosso, and David Vallejo. 2021. A Fuzzy Recommendation System for the Automatic Personalization of Physical Rehabilitation Exercises in Stroke Patients. *Mathematics* 9, 12 (2021), 1427.

[3] Vanesa Herrera, David Vallejo, and José J. Castro-Schez et al. 2023. RehabImmersive: A framework to support the development of virtual reality applications in upper limb rehabilitation. *SoftwareX* 23 (2023), 101412.

[4] Qinyin Qiu, Amanda Cronce, and Jigna et al. Patel. 2020. Development of the Home based Virtual Rehabilitation System (HoVRS) to remotely deliver an intense and customized upper extremity training. *Journal of neuroengineering and rehabilitation* 17 (2020), 1–10.

[5] Santiago Schez-Sobrino, D Vallejo, and Dorothy Ndedi et al. Monekosso. 2020. A distributed system based on automatic assessment of physical exercises to promote remote physical rehabilitation. *IEEE Access* 8 (2020), 91424–91434.

[6] AJS Webb and AC et al. Fonseca. 2021. Value of treatment by comprehensive stroke services for the reduction of critical gaps in acute stroke care in Europe. *European journal of neurology* 28, 2 (2021), 717–725.

Robotito 2.0: Avances en interacción y usabilidad

Romina Abeldaño
INCO, Universidad de la República
Montevideo, Uruguay
rominaabeldanods@gmail.com

Ewelina Bakala
INCO, Universidad de la República
Montevideo, Uruguay
ebakala@fing.edu.uy

Santiago Hitta
INCO, Universidad de la República
Montevideo, Uruguay
santiagohitta@gmail.com

María Pascale
EUCD, Universidad de la República
Montevideo, Uruguay
maría9pascale@gmail.com

Jorge Visca
INCO, Universidad de la República
Montevideo, Uruguay
jvisca@fing.edu.uy

Gonzalo Tejera
INCO, Universidad de la República
Montevideo, Uruguay
gtejera@fing.edu.uy

RESUMEN

Robotito es un robot omnidireccional desarrollado como parte de una investigación en robótica educativa en la Universidad de la República, Uruguay. Este proyecto, inicia en 2018 con una primera versión del robot con un comportamiento predefinido, ha evolucionado con la creación de una versión configurable en 2022, culminando en 2024 [1]. Su objetivo es proporcionar una herramienta de software libre y hardware abierto para la enseñanza en entornos educativos, específicamente dirigido a educadores. La demostración de Robotito en el Congreso Internacional de Persona-Ordenador (INTERACCIÓN 2024) tiene como propósito presentar sus dos interfaces de programación (tangible y virtual) a la comunidad, promoviendo su uso en investigación y educación.

CONCEPTOS CCS

• Human-centered computing → Interactive systems and tools;

• Social and professional topics → Children.

PALABRAS CLAVE

Robotito VPL - Robot omnidireccional - Evaluación de usabilidad - Educación temprana - Interfaz de programación

ACM Referencias:

R. Abeldaño, E. Bakala, S. Hitta, M. Pascale, J. Visca and G. Tejera. Robotito 2.0: *Avances en interacción y usabilidad. Interacción'24, Junio 19-21, 2024. A Coruña, España.*

1 INTRODUCCIÓN

El pensamiento computacional (PC) se ha reconocido cada vez más como esencial en la educación temprana. Sin embargo, las herramientas actuales de PC están diseñadas principalmente para uso individual en entornos hogareños, lo que presenta un desafío para su implementación en entornos educativos más amplios. Para abordar esta brecha, hemos desarrollado Robotito VPL (VPL significa Visual Programming Language, sinónimo de Block-Based Programming - BBP): una aplicación innovadora, gratuita y de código abierto diseñada específicamente para maestros sin experiencia en programación. Esta aplicación permite a los maestros guiar a los niños en el aprendizaje de PC utilizando Robotito como herramienta de enseñanza.

Investigaciones anteriores han demostrado que BBP fomenta experiencias de aprendizaje positivas y mejora el razonamiento lógico, las habilidades de resolución de problemas, la creatividad y las habilidades de pensamiento de alto nivel de los estudiantes [2, 3, 4].

Robotito VPL ofrece una experiencia de aprendizaje lúdica y práctica, ya que el robot interactúa con su entorno de manera dinámica. Además, se ha llevado a cabo un proceso de diseño iterativo para garantizar su accesibilidad y utilidad en el aula. A través de evaluaciones de usabilidad con seis maestros, hemos obtenido valiosas ideas que informan sobre el papel de los maestros en la integración de la tecnología en la educación temprana de PC.

2 METODOLOGÍA

La metodología se enfoca en el desarrollo iterativo de la aplicación para facilitar a los maestros, tanto con como sin experiencia en programación, la creación, visualización, edición, guardado y eliminación de comportamientos del robot de manera sencilla. La evaluación de la usabilidad de la aplicación se divide en varias fases, que incluye un estudio piloto para definir el alcance, seguido por una primera evaluación para identificar áreas de mejora y una segunda evaluación para evaluar las modificaciones implementadas y detectar nuevas áreas que requieran mejoras. Se llevan a cabo sesiones de planificación con maestros para diseñar actividades adecuadas para el aula y desarrollar programas adaptados a las necesidades identificadas. Además, se realizan pruebas de usabilidad en el entorno escolar.

3 DESCRIPCIÓN DEL ROBOT

Robotito es un robot omnidireccional de suelo con forma circular y dimensiones de 16 cm de diámetro y 7 de altura. Su plataforma de cálculo se basa en una placa de microcontrolador, integrada con seis sensores de distancia y un sensor combinado de color, distancia y gesto. Estos sensores permiten al robot detectar objetos y tarjetas de color en el suelo (vea Figura 1). Además, cuenta con tres ruedas omnidireccionales y puede proporcionar retroalimentación luminosa y emitir sonidos a través de un zumbador activo.

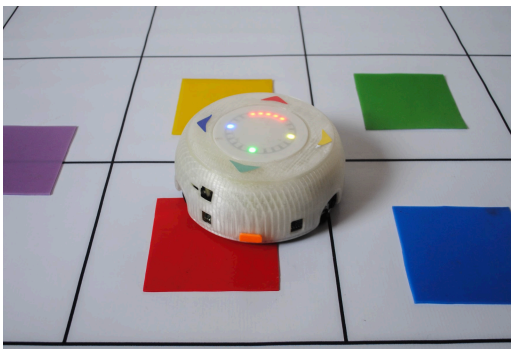


Figura 1: Robotito en interacción con tarjetas de colores.

4 DESCRIPCIÓN DE LA APP

La interfaz de programación digital, una aplicación Android, permite a los usuarios establecer conexiones entre lo que sensa el robot y sus acciones. Basado en bloques (vea Figura 2), el lenguaje de programación presenta siete categorías: "Sensores", que activa respuestas a eventos detectados por seis sensores de distancia, sensor de color y sensor que detecta cuando el robot esta levantado y no toca el suelo. "Movimientos", permite mover el robot en varias direcciones, ajustar su velocidad y detenerlo. "Tiempo" define la duración entre acciones. "Luces" controla la iluminación general y por zonas del robot. "Sonido" incorpora cuatro efectos de sonido predefinidos. "Lógica" posibilita condiciones complejas con bloques de Y, O y NO. Finalmente, la categoría final, denominada "Estados", habilita al usuario para responder de manera distinta a los eventos, según el estado en el que se encuentre el robot.

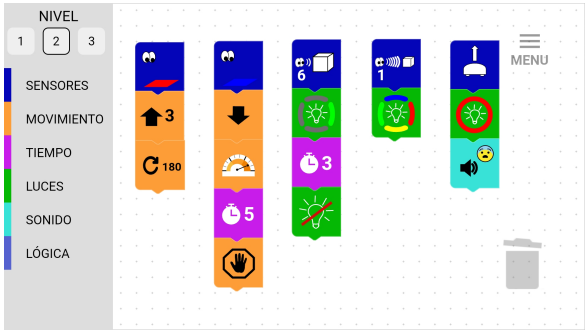


Figura 2: Aplicación de Android para diseñar el comportamiento de robots.

5 AVANCES

En el 2024 se está trabajando con los resultados recogidos a lo largo de las pruebas de usabilidad con maestros para mejorar la app. Como lo es: modificar la forma sugerida para los bloques (rompecabezas), distinción de los bloques con aspectos similares y distintas funcionalidades, visualización de los bloques en la pantalla de programación y carteles informativos.
Se realizarán pruebas de usabilidad en contexto de aula. A partir de las observaciones recopiladas en las actividades realizadas en el aula, se elaborará un manual de uso y un libro de actividades. Este material contendrá sugerencias para diferentes niveles de habilidad, considerando la progresión en la dificultad. El objetivo es que pueda ser utilizado por maestros con diversos niveles de experiencia, facilitando su acceso y adaptación al programa.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue apoyado por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (Uruguay), bajo el proyecto FSED_2_2021_1_169697.

REFERENCIAS

[1] Ewelina Bakala, Leonel Gomez-Sena, Gonzalo Tejera, Jorge Visca, Anaclara Gerosa, María Pascale, Alejandra Carboni, and Juan Pablo Hourcade. 2023. Study and Development of Child-Robot Interaction in a Preschool Classroom Context: Improvements in the Design of Robotito to Increase its Insertion and Appropriation. In *Proceedings of XXIII International Conference on Human Computer Interaction (INTERACCIÓN '23). Edicions de la Universitat de Lleida (UdL), 2023, p. 169-170.* ISBN 978-84-9144-459-6.

[2] Jen-I Chiu and Mengping Tsuei. 2020. Meta-Analysis of Children's Learning Outcomes in Block-Based Programming Courses. In Proceedings of the HCI International 2020 – Late Breaking Posters, edited by Constantine Stephanidis, Margherita Antona, and Stavroula Ntoa. Springer International Publishing, Cham, 259–266.

[3] Şenol Saygıner and Hakan Tüzün. 2023. The effects of block-based visual and text-based programming training on students' achievement, logical thinking skills, and motivation. Journal of Computer Assisted Learning 39, 2 (2023), 644–658.

[4] Yu-Sheng Su, Mingming Shao, and Li Zhao. 2022. Effect of mind mapping on creative thinking of children in scratch visual programming education. Journal of Educational Computing Research 60, 4 (2022), 906–929.

Un Cubo Tangible Interactivo Diseñado para Entrenar Habilidades Espaciales mediante Rotación Física

Alejandro Catala
alejandro.catala@usc.es
Centro Singular de Investigación en Tecnoloxías Intelixentes (CiTIUS), Universidade de Santiago de Compostela

Pablo García-Segarra
psegarra@uji.es
Languages and Computer Systems Department, Universitat Jaume I
Castellón de la Plana, Spain

Vicent Santamarta
santamav@uji.es
Languages and Computer Systems Department, Universitat Jaume I
Castellón de la Plana, Spain

Rafael Berlanga
berlanga@uji.es
Languages and Computer Systems Department, Universitat Jaume I
Castellón de la Plana, Spain

Zoe Falomir
zoe.falomir@umu.se
Computing Science Department, Umeå University
Umeå, Sweden

Jose M. Alonso-Moral
josemaria.alonso.moral@usc.es
Centro Singular de Investigación en Tecnoloxías Intelixentes (CiTIUS), Universidade de Santiago de Compostela

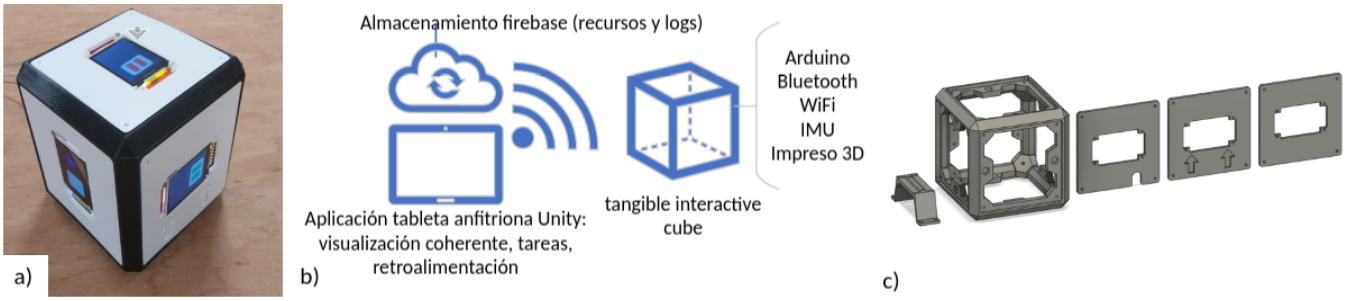


Figura 1: a) Cubo tangible interactivo. b) Arquitectura de la plataforma experimental. c) Esquema del diseño 3D.

RESUMEN

El desarrollo cognitivo de habilidades de razonamiento espacial puede beneficiarse no solo del uso de aplicaciones digitales específicas sino también de la interacción con materiales tangibles. Esta demostración presenta la plataforma implementada que integra un cubo interactivo tangible para conducir estudios experimentales con usuarios que permita en el futuro examinar los efectos de la interacción tangible y digital.

KEYWORDS

Interacción Tangible, Demostrador, Razonamiento Espacial, Rotación Física, Rotación Mental, Cubo

1. INTRODUCCIÓN

Las habilidades de razonamiento espacial son de especial relevancia para el desarrollo cognitivo. La literatura no solo muestra su importancia para los estudiantes con vocación STEM (science, technology, engineering, and mathematics) [5], sino que los estudios apuntan diferencias significativas en términos socio-económicos en la vida adulta cuando se presentan carencias en habilidades como la rotación mental [6]. Tal y como se discute en [7], las habilidades de razonamiento espacial pueden ser entrenadas, y eso ha inspirado otros trabajos en los que se utiliza el apoyo de algún medio informático para su aprendizaje y/o refuerzo.

Entre las diferentes aproximaciones tecnológicas destacan el uso pantallas táctiles [4] y recientemente de Realidad Aumentada [8], que permiten dotar de cierto sentido físico a las rotaciones en el espacio que fomente su aprendizaje por medio de varias tareas. Sin embargo, materiales tangibles pueden ser de gran valor puesto que permiten que manipulaciones de grano fino y gestos deícticos durante la interacción, pudiendo tener un efecto positivo en comparación a la interacción con las pantallas [2]. Como parte de nuestra investigación perseguimos la construcción de una plataforma interactiva que permita estudiar el impacto de la modalidad de los materiales tangibles y digitales en el desarrollo y aprendizaje de habilidades de razonamiento espacial.

En particular, el presente trabajo resume los principales aspectos de diseño considerados en un prototipo de cubo tangible interactivo, que es pieza fundamental de una plataforma experimental más amplia. De este modo, el objetivo de esta demostración es ilustrar las capacidades esenciales de la plataforma experimental que integra el cubo tangible en una aplicación experimental, que servirá para conducir estudios de las interacciones con el mismo para fomentar el aprendizaje de habilidades de razonamiento espacial.

Interacción'24, Junio 19–21, 2024, A Coruña, España

2. HABILIDADES ESPACIALES Y ENTRENAMIENTO

Como hemos comentado en la introducción, el desempeño de las tareas espaciales y visoespaciales está fuertemente relacionado con la práctica y el entrenamiento. Las habilidades de rotación mental se pueden entrenar mediante la rotación manual [10], y se ha observado que, sin embargo, las habilidades de rotación manual no mejoran significativamente si entrenamos solamente la rotación mental [1]. De ahí la importancia de desarrollar dispositivos físicos que ayuden a practicar habilidades de rotación física/manual, y este es el objetivo del presente trabajo. Algunos estudios de la literatura [9]han investigado tareas de rotación física (utilizando figuras 3D). Dichas tareas incluyen figuras que se pueden rotar físicamente, por ejemplo, mediante interacciones basadas en pantalla táctil o que utilizan un controlador manual. Sin embargo, no tenemos constancia de estudios en la literatura que hayan investigado tareas de rotación física utilizando una réplica del *Cube Comparison Test* (CCT) [3] con un dispositivo como el que se muestra en en nuestro trabajo. En CCT, los sujetos deben responder si los dos cubos que se muestran son el mismo cubo pero visto de desde diferente perspectiva (es decir, el cubo ha sido rotado), o si es no es posible que sea el mismo cubo.

3. DISEÑO DE LA PLATAFORMA INTERACTIVA TANGIBLE

La plataforma desarrollada consta de una serie de módulos de software y elementos físicos que trabajan conjuntamente (ver Figura 1-a, b). De un lado, la aplicación anfitriona implementada en Unity se encarga de mostrar las tareas y consignas correspondientes, pudiendo mostrar una vista coherente del cubo tangible vinculado mediante Bluetooth. También se encarga de gestionar los recursos almacenados en la nube y de almacenar los registros de las interacciones (i.e., logs) para permitir su análisis posterior.

Por otro lado, el cubo tangible basa su implementación en un microcontrolador Arduino Nano BLE dotado de un IMU integrado para permitir a la aplicación reconstruir la pose del cubo mediante el correspondiente análisis de las señales en tiempo real. Al tratarse de un prototipo de investigación, la estructura actual del cubo está diseñada mediante CAD, concebido de forma totalmente modular y con piezas intercambiables para facilitar la evolución del modelo a imprimir en 3D para reducir costes.

Este diseño consta de una estructura central como se ilustra en la Figura1-c , a la cual se le añaden diferentes piezas para completar el cubo. Se ha dotado con una pantalla en cada una de las tapas de las seis caras, que permite la visualización de contenido dinámico (formas) según el objetivo de la tarea. La tapa frontal está marcada con dos flechas hacia arriba para orientar el cubo del mismo modo, durante el proceso de calibrado al empezar cada tarea, mientras que la tapa trasera viene con un hueco para el cable USB.

Con este entorno interactivo, se codifican diversas tareas de razonamiento espacial en las que se muestra una figura de referencia parcialmente incompleta (e.g., cara(s) ocultas) o alterada (e.g., manipulada según alguna transformación lógica). El usuario tiene que rotar el cubo para determinar cuáles son las formas que corresponden con las caras ocultas o alteradas.

4. DISCUSIÓN

En este artículo se presenta el diseño de un prototipo de cubo como interfaz tangible para entrenar la rotación manual/física de sus usuarios. De acuerdo con los estudios de la literatura, dicha mejora de las habilidades de rotación física suele mejorar también las habilidades de rotación mental y algunas habilidades visuoespaciales como son el razonamiento sobre plegado de papel. Dicha interfaz tangible se pretende utilizar como parte de un juego interactivo que versione el test de Comparación de Cubos (CCT), que se ha utilizado ampliamente en la literatura para evaluar habilidades espaciales.

El trabajo futuro se centrará en extender la plataforma para funcionar con dos cubos tangibles (uno de trabajo y otro de referencia) para habilitar la realización de experimentos sobre el efecto de la modalidad, no solo digitales e híbridos, sino con condiciones completamente tangibles. Asímismo, se investigará cómo el tipo de tarea codificada y el método de retroalimentación para guiar y explicar el proceso de resolución puede afectar al aprendizaje de tales habilidades.

ACKNOWLEDGMENTS

Los Proyectos PID2021-123152OB-C21 y PID2021-123152OB-C22 están financiados por MCIN/ AEI /10.13039/501100011033/ y por FEDER "Una manera de hacer Europa". Además, los investigadores de USC agradecen el apoyo de la Xunta de Galicía - Consellería de Cultura, Educación, Formación Profesional e Universidades (ED431G2019/04 y ED431C2022/19).

Zoe Falomir agradece la financiación del programa *Wallenberg AI, Autonomous Systems and Software Program (WASP)* de la fundación Knut and Alice Wallenberg, Suecia.

REFERENCIAS

[1] Deanne Adams, Andrew Stull, and Mary Hegarty. 2014. Effects of Mental and Manual Rotation Training on Mental and Manual Rotation Performance. *Spatial Cognition Computation* 14 (07 2014). https://doi.org/10.1080/13875868.2014.913050

[2] Nick K. Antrilli and Su-hua Wang. 2023. Tangible and digital materials for spatial play: Exploring the effects on parental talk and children's spatial reasoning. *British Journal of Educational Technology* 54, 2 (2023), 642 – 661. https://doi.org/10.1111/bjet.13269

[3] Ruth B. Ekstrom, John W. French, and Harry H. Harman. 1976. Manual for kit of factor-referenced cognitive tests.

[4] Zoe Falomir, Ruben Tarin, Aurelio Puerta, and Pablo Garcia-Segarra. 2021. An interactive game for training reasoning about paper folding. *Multim. Tools Appl.* 80, 5 (2021), 6535–6566. https://doi.org/10.1007/S11042-020-09830-5

[5] Myint Swe Khine. 2016. *Spatial cognition: Key to STEM success.* 3 – 8 pages. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44385-0_1

[6] Richard A Lippa, Marcia L Collaer, and Michael Peters. 2010. Sex differences in mental rotation and line angle judgments are positively associated with gender equality and economic development across 53 nations. *Archives of sexual behavior* 39 (2010), 990–997.

[7] Sheryl A. Sorby. 2009. Educational Research in Developing 3-D Spatial Skills for Engineering Students. *International Journal of Science Education* 31, 3 (2009), 459–480. https://doi.org/10.1080/09500690802595839

[8] Ahmad Affandi Supli and Xiaojing Yan. 2024. Exploring the effectiveness of augmented reality in enhancing spatial reasoning skills: A study on mental rotation, spatial orientation, and spatial visualization in primary school students. *Education and Information Technologies* 29, 1 (2024), 351 – 374. https://doi.org/10.1007/s10639-023-12255-w

[9] Stefanie Wetzel, Sven Bertel, Michael Montag, and Steffi Zander. 2019. Spatial task solving on tablets: analysing mental and physical rotation processes of 12–13-year olds. *Educational Technology Research and Development* 68 (2019), 363 – 381.

[10] Gunnar Wiedenbauer and Petra Jansen-Osmann. 2008. Manual training of mental rotation in children. *Learning and Instruction* 18 (2008), 30–41.

HG - Sistema para transcripción en directo de eventos con puntuación automática

Mario Pérez-Enríquez
maripere@inf.uc3m.es
Universidad Carlos III de Madrid
Spain

Jose Luis López-Cuadrado
jllopez@inf.uc3m.es
Universidad Carlos III de Madrid
Spain

Israel González-Carrasco
igcarras@inf.uc3m.es
Universidad Carlos III de Madrid
Spain

Belen Ruiz-Mezcua
bruiz@inf.uc3m.es
Universidad Carlos III de Madrid
Spain

Ismael Guzman-Colomina
iguzman@inf.uc3m.es
Universidad Carlos III de Madrid
Spain

Javier Holgueras-Crespo
jholguer@pa.uc3m.es
Universidad Carlos III de Madrid
Spain

ABSTRACT

La accesibilidad para personas con discapacidad auditiva en eventos en directo pasa principalmente por la interpretación en lengua de signos y por la inclusión de transcripciones en directo. La inclusión de transcripciones en directo puede hacerse a través de estenotipia o bien utilizando las actuales herramientas de transcripción automática. El resultado de la transcripción en directo puede mostrarse en pantallas en las salas donde se desarrollan los eventos e incluirse además en la señal cuando el evento se retransmite por televisión o através de streaming. Además, uno de los problemas en la transcripción automática en castellano es la inclusión de signos de puntuación. Desde el Centro Español del Subtitulado y la Audiodescripción (CESyA) se ha desarrollado una herramienta para facilitar la transcripción automática de eventos en directo, incorporando un sistema de puntuación automática. El sistema propuesto facilita por un lado la gestión y configuración de diferentes sesiones, usando distintos transcriptores, desde donde se realizará la transcripción en directo. Por otro lado permite el acceso a las transcripciones traves de visores para poder incluir las transcripciones tanto en proyecciones en sala como en producciones audiovisuales.

KEYWORDS

Accesibilidad, Eventos en directo, Produccion audiovisual

1 INTRODUCCIÓN

La transcripción en vivo es esencial para mejorar la accesibilidad a eventos en directo para las personas con discapacidad auditiva en particular y para todas las personas en general. Las transcripciones se obtienen principalmente a través de estenotipia o bien a través de reconocimiento automático de habla. Estos sistemas automáticos, basados en inteligencia artificial, no siempre incluyen signos de puntuación en la transcripción, lo que puede causar malentendidos y confusión, especialmente para las personas con discapacidad. Además, es necesario procesar e incluir la transcripción en la proyección en sala y/o en la señal que se emite a través de televisión o streaming para que las personas lo puedan leer. Es importante tener en cuenta las norma de subtitulado UNE 153010:2012 donde se establecen normas sobre colores, número y tamaño de líneas a mostrar en pantalla. Existen aproximaciones para la generación automática de subtítulos y transcripciones, como [1–4]. Sin embargo no hemos encontrado un sistema que pueda ser aplicado de forma sencilla a eventos en directo (como teatros, charlas o conferencias) y que pueda integrarse a la vez con producciones audiovisuales (como streaming). El Centro Español del Subtitulado y la Audiodescripción (CESyA) ha trabajado en los últimos años en herramientas para facilitar la producción audiovisual de transcripciones en directo. En esta comunicación se presenta HG, una herramienta para facilitar la transcripción en directo a partir de herramientas automáticas, incluyendo puntuación automática a través de un sistema de inteligencia artificial. El sistema propuesto permite el acceso a visores donde se puede configurar el tamaño, color y número de líneas de forma que la proyección en sala o la inclusión en una transmisión de streaming es más sencilla.

Interacción'24, Junio 19–21, 2024, A Coruña, España

2 LA HERRAMIENTA HG

La herramienta HG se ha concebido como una aplicación web con dos tipos de usuarios: transcriptores y visores. Los transcriptores accederán al sistema por medio de un usuario y contraseña, y podrán crear sesiones desde donde se realizarán las distintas transcripciones: cada sesión tendrá asignado un nombre de sesión y una contraseña. Los visores acceden a estas sesiones mediante un nombre de sesión y contraseña.

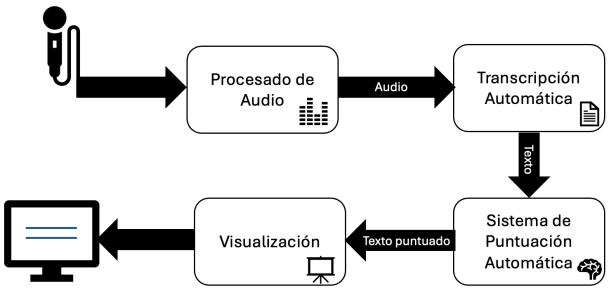


Figure 1: Arquitectura de transcripción

La figura 1 muestra la arquitectura del proceso de transcripción de HG. El sistema recibe el audio a través del sistema de microfonía del evento. El audio se procesa y se envía al transcriptor automático. Actualmente la herramienta está preparada para trabajar con los

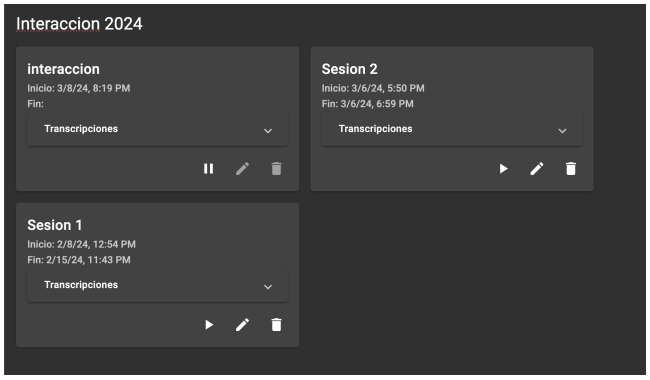


Figure 2: Gestión de sesiones

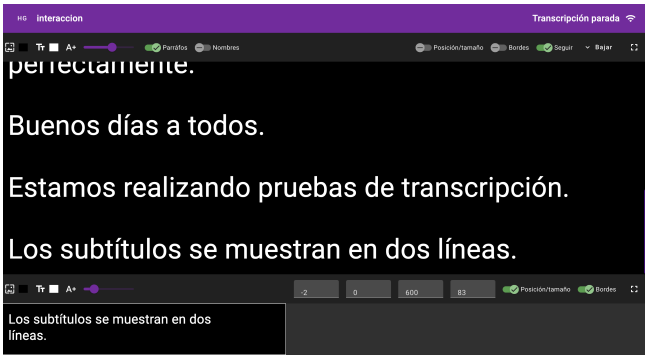


Figure 3: Visor de transcripciones

transcriptores de Google, Amazon Web Services y Microsoft Azure, pero se trata de una arquitectura flexible que permite la inclusión de otros transcriptores. No todos los transcriptores proporcionan puntuación automática en castellano, por lo que se ha configurado un modelo de puntuación basada en transformers, que recibe las líneas que se van generando en la transcripción y, cuando tiene un texto suficientemente consolidado, genera una versión puntuada. El módulo de visualización presenta la transcripción en dos formatos: por un lado, muestra la transcripción completa, y por otro, genera líneas de subtítulo que pueden ser mostradas tanto en pantallas de proyección como en la emisión de video. En cuanto a la gestion, los usuarios transcriptores accederán al sistema a través de un nombre de usuario y una contraseña. Una vez que ha accedido, el usuario puede entrar en un panel de control donde puede ver las sesiones disponibles o crear una nueva (Figura 2). En la sesión, se configura los medios de entrada de audio, usualmente la entrada de la microfonía de la sala. Es importante que el sonido no tenga interferencias, que no se hable excesivamente rápido y que no haya varias personas hablando simultáneamente. Una vez seleccionada la entrada (puede ser una o varias), se selecciona el transcriptor a utilizar. Cuando se inicia la transcripción, se puede ver el texto de la transcripción en directo, mientras que en la parte inferior de la pantalla se visualizan las líneas de subtítulos generadas a partir de la transcripción automática. Como se muestra en la Figura 3, es posible configurar el tamaño del texto e incluir una caja que permita delimitar el espacio a fin de facilitar su ubicación en la pantalla de proyección o la captura de pantalla a través de una herramienta de producción audiovisual. Una vez que se ha configurado la sesión, el usuario transcriptor genera un visor, al que asigna un nombre y una contraseña para que el personal de los servicios audiovisuales (usuario visor) pueda acceder a la transcripción y líneas de subtítulo para su proyección en sala o su inclusión en la señal de vídeo que se emita.

3 CONCLUSIONES

En este articulo se presenta la herramienta HG desarrollada por el CESyA. La herramienta permite la generación de transcripciones en directo utilizando sistemas actuales, incluyendo puntuación de forma automática. A partir de esta transcripción puntuada, el sistema facilita la configuración para poder visualizarla tanto en pantallas en el lugar donde se realiza el evento en directo, como para su captura e inclusión en emisiones de video mediante herramientas de producción audiovisual. La inclusión de transcripciones puntuadas facilita el acceso a los eventos en directo a las personas con discapacidad auditiva. Además facilita el seguimiento a las personas en general pues pueden leer el texto en caso de que no hayan podido escuchar bien o no hayan entendido alguna palabra.

REFERENCES

[1] A. Álvarez, C. Mendes, M. Raffaelli, T. Luís, S. Paulo, N. Piccinini, H. Arzelus, J. Neto, C. Aliprandi, and A. Del Pozo. 2016. Automating live and batch subtitling of multimedia contents for several European languages. *Multimedia Tools and Applications* 75, 18 (2016), 10823–10853.

[2] D. Christopoulos, E. Chatzi, G. Sofianopoulos, E. Patiniotaki, S. Eleftheriou, P. Koromilas, P. Kaliosis, N. Gkouti, T. Giannakopoulos, K. Petridis, and E. Sismanidou. 2023. Smart Subs Subtitling App for Watching Live Virtual Dome Performances. In *18th International Workshop on Semantic and Social Media Adaptation Personalization (SMAP 2023)*. 1–6. https://doi.org/10.1109/SMAP59435.2023.10255166

[3] J.M. Masiello-Ruiz, B. Ruiz-Mezcua, P. Martinez, and I. Gonzalez-Carrasco. 2023. Synchro-Sub, an adaptive multi-algorithm framework for real-time subtitling synchronisation of multi-type TV programmes. *Computing* 105, 7 (2023), 1467–1495.

[4] A. Tamayo and A. Ros Abaurrea. 2024. Speech-to-text Recognition for the Creation of Subtitles in Basque: An Analysis of ADITU Based on the NER Model. *The Journal of Specialised Translation* 41 (Jan. 2024), 48–73. https://doi.org/10.26034/cm.jostrans.2024.4711

Herramienta de visualización de traductores dirigidos por la sintaxis

Ángel F. Sánchez-Granados
angelfrancisco.sanchez@urjc.es
Universidad Rey Juan Carlos
Móstoles, Madrid, España

Jaime Urquiza-Fuentes
jaime.urquiza@urjc.es
Universidad Rey Juan Carlos
Móstoles, Madrid, España

ABSTRACT

Para los estudiantes de grados afines a la Informática, el estudio de la traducción dirigida por la sintaxis suele resultar complejo de aprender. Para incrementar su motivación y mejorar su experiencia de aprendizaje, en este trabajo se presenta VisTDS, un software de visualización de traductores.

La herramienta, que permite al usuario un alto grado de interactividad, está orientada tanto a docentes como a estudiantes, y ofrece una representación gráfica de los conceptos con los que se trabajan de forma teórica.

Aunque este programa aún se encuentra en desarrollo, los resultados obtenidos hasta el momento son positivos, y han resultado de utilidad para definir las líneas de trabajo futuro.

KEYWORDS

Visualización de software, procesadores de lenguajes, enseñanza de la informática, traducción dirigida por la sintaxis, interacción persona-ordenador

1 INTRODUCCIÓN

Dentro de los programas de grado en Ciencias de la Computación, la asignatura de Procesadores de Lenguajes tiende a resultar difícil para el alumnado dada la complejidad para aplicar los conceptos abstractos que se tratan en situaciones reales. Dentro de esta disciplina, la traducción dirigida por la sintaxis (TDS) es una de las partes más importantes a la vez que compleja.

Por otra parte, se viene demostrando desde hace décadas que la aplicación de técnicas de visualización del software en entornos educativos resulta efectiva, teniendo un claro ejemplo en las animaciones de algoritmos de ordenación realizadas por Baecker [1] en la década de los 60. No obstante, además de la visualización como tal, es importante cómo se aplica [3] [5], ya que que este tipo de herramientas resultan de utilidad para mejorar la motivación de los estudiantes [2].

En este trabajo se presenta desde el punto de vista interactivo VisTDS, una herramienta de visualización de traductores dirigidos por la sintaxis, cuyo propósito es ayudar al alumnado en su proceso de aprendizaje.

Este artículo se estructura de la siguiente forma: en la sección 2 se describe la herramienta, en la sección 3 se realiza presentan las diferentes evaluaciones realizadas hasta el momento, y en la sección 4 se ofrecen las conclusiones y trabajos futuros.

Interacción'24, Junio 19–21, 2024, A Coruña, España

2 DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA

La herramienta desarrollada es un software de visualización de TDS cuyo objetivo es el de mejorar el proceso de aprendizaje de la TDS. Esta herramienta es agnóstica al lenguaje de especificación utilizado, evitando de este modo el aprendizaje de un nuevo lenguaje para su uso, y el poder portarlo a los generadores de traductores existentes.

El enfoque de la aplicación es doble: por un lado, pretende ser de utilidad al estudiante en su trabajo autónomo y, por otro lado, servir como herramienta de apoyo a los docentes en el aula.

Este software se compone de una API de anotación que permite generar la información de visualización partiendo de una gramática proporcionada por el usuario, y de una interfaz de visualización que interpretará dicha información.

El flujo completo de funcionamiento es el siguiente: en primer lugar, el usuario escribe una especificación utilizando uno de los lenguajes compatibles con VisTDS. A continuación, la especificación se anota con las sucesivas llamadas a las API, generando una *especificación del traductor anotada*. Tercero, el traductor es generado utilizando esta especificación anotada. Después, el traductor es ejecutado con la cadena de entrada proporcionada por el usuaro, generando como resultado un fichero en formato XML con la información de visualización. Por último, este fichero XML se carga en el software de visualización. En este artículo se abordará únicamente la aplicación de visualización puesto es que con la que se produce la interacción.

La ventana principal de la interfaz gráfica se compone de tres partes: la especificación del traductor, la entrada a procesar y el árbol sintáctico enriquecido.

La especificación del traductor, ubicada en la parte superior derecha, muestra todas las reglas y sus acciones semáticas asociadas que componen la especificación. Como se puede observar, mediante el código de colores se pueden diferenciar los símbolos terminales y no terminales. Por otra parte, para facilitar la visualización de las reglas, las acciones semánticas se pueden mostrar u ocultar.

El panel de cadena de entrada muestra los tokens que componen la entrada del traductor y el estado de la ejecución a cada momento. En la figura, nótese que los ítems en color rojo son los leídos y los azules los pendientes de leer. Clicando en un token, el árbol de ejecución se situará en el estado correspondiente. Junto a este panel se encuentran los botones de navegación, que permiten navegar al inicio, al paso anterior, al paso siguiente y al final de la ejecución. De cara a un uso realmente autónomo de la aplicación por parte tanto de docentes como de estudiantes, será necesario permitir la carga de la propia especificación.

La zona principal de la ventana la ocupa el árbol sintáctico enriquecido. Como se ha mencionado, el árbol se va construyendo

a medida que el usuario interacciona con los controles apropiados (tokens de entrada, controles o atajos de teclado). Al igual que sucede con el panel de especificaciones, los símbolos terminales y no terminales, representados mediante los nodos, pueden ser distinguidos a simple vista por el color. Situando el cursor encima de cada nodo se puede consultar el valor del mismo, y al colocarlo encima de un rectángulo gris (que representa una regla) se resalta la regla asociada en el panel de especifiacación. Asimismo, si en alguno de estos puntos el docente ha incluido alguna anotación de interés, también se mostraría.

Hasta el momento, el proceso de anotación y el de visualización se realiza de forma independiente. Para mejorar la experiencia de usuario con el manejo de la herramienta, se encuentra en proceso de desarrollo una nueva versión del visualizador que permite desde la interfaz gráfica la carga del traductor y la introducción de la gramática para realizar automáticamente el proceso de anotación y carga que, como se ha mencionado anteriormente, es independiente y debe realizarlo el usuario manualmente.

Esta nueva versión, además de permitir la carga de ficheros XML con anotaciones existentes, tiene cargada la especificación de un traductor para que, con el objetivo de simplificar las pruebas, los usuarios puedan introducir una entrada que se ajuste a esta especificación y generar la visualización directamente.

3 EVALUACIÓN DE LA HERRAMIENTA

En el diseño de VisTDS participaron estudiantes con conocimientos contrastados de la asignatura, que ofrecieron un feedback que resultó muy útil para mejorar la interfaz de usuario.

Debido a las restricciones impuestas a raíz de la pandemia COVID-19, los experimentos controlados se vieron con la obligación de ser pospuestos. Por ese motivo, y de cara a validar si el diseño de VisTDS se ajusta a cumplir su objetivo, se realizó una evaluación analítica del sistema completo [7], del que se exponen resumidamente los resultados obtenidos desde el punto de vista de la interacción para validar la interfaz de usuario, y desde el punto de vista de los estudiantes para validar las capacidades pedagógicas. Finalizadas las restricciones, se ha podido realizar un experimento controlado con el objetivo de validar la utilidad real de la herramienta para el aprendizaje de la TDS. Ambos estudios se han realizado de forma previa a la nueva funcionalidad de introducción de la cadena de entrada.

3.1 Evaluación analítica desde el punto de vista de la interfaz

El estudio de este aspecto se realiza utilizando las reglas de evaluación heurística de Nielsen [6], puesto que es uno de los métodos más utilizados para el estudio de interfaces de usuario.

De este modo, se puede concluir que VisTDS se ajusta a las reglas *"Visibilidad del estado del sistema"*, *"Coincidencia entre el sistema y el mundo real"*, *"Reconocer en lugar de recordar"* y *"Flexibilidad y eficiencia de uso"*. Por otra parte, la regla *"Estética y diseño minimalista"* se cumple parcialmente porque, por un lado, la interfaz se ha diseñado evitando elementos redundantes, y por otro lado, es necesario mejorar el zoom automático sobre los diferentes elementos de la interfaz. Por último, se debe mejorar en lo respectivo a la regla *"Ayuda y documentación"*, ya que aunque existe un manual de usuario, ha de ser refinado y ofrecer mayor nivel de detalle.

3.2 Evaluación analítica desde el punto de vista pedagógico

Para la evaluación de este aspecto se han utilizado los principios descritos por Mayer[4] para el diseño de mensajes multimedia. Estos principios describen los requisitos que las herramientas educativas deberían cumplir para un aprendizaje significativo.

De este estudio se extrae que VisTDS cumpliría el *"Principio multimedia"*, el *"Principio de contiguidad espacial"*, el *"Principio de personalización"*, el *"Principio de interactividad"* y el *"Principio de señalización"*.

3.3 Evaluación empírica

Recientemente se ha realizado un experimento con estudiantes de la asignatura de Procesadores de Lenguajes cuyo objetivo era corroborar si VisTDS resulta de ayuda en el proceso de aprendizaje de la TDS, del que actualmente se están analizando los resultados.

Se ha llevado a cabo durante una sesión ordinaria de clase, habiendo un grupo de tratamiento que utilizó la herramienta y un grupo de control que no la utilizó, ubicados físicamente en diferentes campus de la universidad.

4 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este trabajo se ha descrito un software orientado al apoyo en el aprendizaje de la TDS. Actualmente se está desarrollando la funcionalidad de visualización de un traductor utilizando una entrada proporcionada por el usuario.

Posteriormente, se pretende que el software sea capaz de anotar automáticamente las especificaciones sin necesidad de que tenga que realizarlo de forma manual el usuario. Por otro lado, a nivel funcional, se plantea incrementar el número de generadores de gramáticas soportados por la API.

A largo plazo, se plantea liberar los códigos fuentes para permitir que la comunidad puedan mejorar el software. También se contempla el desarrollo de una versión cloud con interfaz web, de forma que los usuarios no tengan que instalar software en su equipo.

REFERENCES

[1] R.M. Baecker. 1969. *Interactive Computer-Mediated Animation.* Ph. D. Dissertation. M.I.T. Department of Electrical Engineering.

[2] Chris Evans and Nicola J. Gibbons. 2007. The interactivity effect in multimedia learning. *Computers & Education* 49, 4 (2007), 1147–1160. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2006.01.008

[3] C.D. Hundhausen, S.A. Douglas, and J.T. Stasko. 2002. A Meta-Study of Algorithm Visualization Effectiveness. *Journal of Visual Languages and Computing* 13, 3 (2002), 259–290.

[4] R.E. Mayer. 2008. *Multimedia Learning.* Cambridge University Press.

[5] Thomas L. Naps, Guido Rößling, Vicki Almstrum, Wanda Dann, Rudolf Fleischer, Chris Hundhausen, Ari Korhonen, Lauri Malmi, Myles McNally, Susan Rodger, and J. Ángel Velázquez-Iturbide. 2002. Exploring the Role of Visualization and Engagement in Computer Science Education. In *Working Group Reports from ITiCSE on Innovation and Technology in Computer Science Education* (Aarhus, Denmark) *(ITiCSE-WGR '02).* Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 131–152. https://doi.org/10.1145/960568.782998

[6] Jakob Nielsen and Rolf Molich. 1990. Heuristic evaluation of user interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Seattle, Washington, USA) *(CHI '90).* Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 249–256. https://doi.org/10.1145/97243.97281

[7] A.F. Sánchez-Granados, J. Urquiza-Fuentes, A. García-Oller, and J. M. Loeches-Ruiz. 2021. Evaluación analítica de una herramienta de visualización de traductores dirigidos por la sintaxis.

Demonstration of Contactless Haptic feedback to enhance VR experiences

Naroa Iriarte
naroa.iriarte@unavarra.es
Public University of Navarre
Pamplona, Spain

Iñigo Ezcurdia
inigofermin.ezcurdia@unavarra.es
Public University of Navarre
Pamplona, Spain

Xabier Olaz
xabier.olaz@unavarra.es
Public University of Navarre
Pamplona, Spain

Unai Fernandez
xabier.olaz@unavarra.es
Public University of Navarre
Pamplona, Spain

Asier Marzo
asier.marzo@unavarra.es
Public University of Navarre
Pamplona, Spain

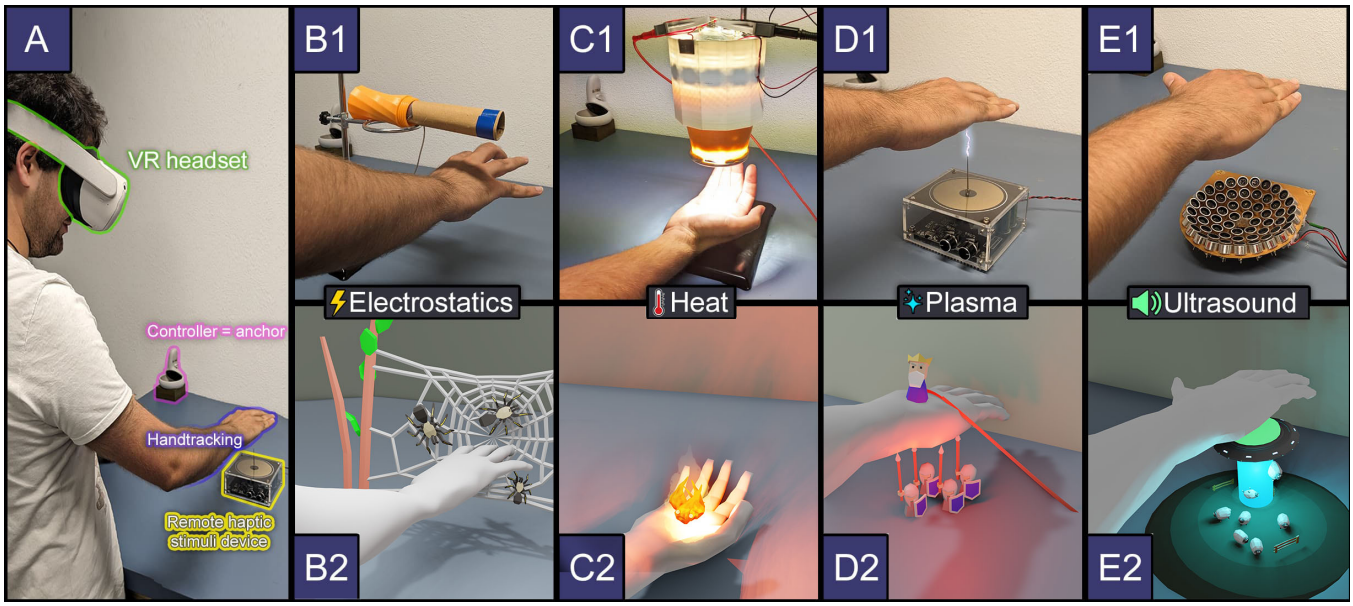


Figure 1: A) Experimental setup for the VR haptic experience. B1) Electrostatics to generate artificial piloerection, spider webs in VR (B2). C) Focused light for heating, fire in VR. D) Electric plasma to simulate sharp or bite-like sensations. E) Focused ultrasound to simulate wave-like eerie sensations such as UFO abduction rays.

ABSTRACT

This demo showcases the enhancement of the Virtual Reality (VR) experiences by adding contactless tactile feedback. We present a circuit of different touchless tactile stimuli. Because the used techniques are mid-air, users do not need to wear any device, making the experience more organic and natural. In this circuit, users will try electrostatic piloerection, focused light heat, electric plasma and ultrasound that accompany a matching immersive VR experience. Before the final demo, a pilot study was conducted, in which we gathered opinions regarding what the participants perceived when trying these technologies. That helped us to design the final demo.

KEYWORDS

mid-air haptics, virtual reality, electrostatics, ultrasound, heat, electric plasma

1 INTRODUCTION

There are studies that explore different ways for giving tactile feedback in VR experiences, such as the vibrotactile stimuli present in the VR controllers, pin arrays to render texture [1] or air-jets, that can be used to provide directional information to the users. Based on the classification made in [4] for VR interfaces, we focused on mid-air haptic devices. This way, we eliminate the need to wear devices. In this demo we try the electrostatic piloerection, focused light-induced heat, electric plasma and ultrasound.

Interacción'24, Junio 19–21, 2024, A Coruña, España

2 DEVICES AND SETUP

The demo setup is composed by five different stations. Each of them will contain a different device and a particular setup that will provide a contactless haptic sensation. Users will be able to experience all of them, and try the different contactless technologies. In the subsections below, the setups and devices are explained:

2.1 Electrostatics for Artificial Piloerection

We induced an artificial piloerection sensation on the users' back of the hand. The piloerection is the contraction of the arrector pilorum muscles, that make the body hair erect. We use a cardboard cylinder as an electrode connected to a system that adds a controlled electrostatic charge into it to attract the hair of the hand, the system is described with more detail in [2]. **See figure 1.B.**

2.2 Focused Light-induced Heat

Human skin is able to gather a lot of information based on perceived temperature. For this demo, we use a GE 4405 PAR36 Lamp of 12.8V and 30W focusing the light with a planoconvex aspheric Lens LAF6075, and we use it to raise the temperature of the users' hand palms. (See figure 1.C).

2.3 Electric Plasma

Electric plasma has been previously used to provide tactile feedback [3], but not together with VR or visuals. In our demo, we use a XFW M18 tesla coil that can generate controlled electric arcs. It modulates the discharge to control both its power and its frequency. See figure 1.D.

2.4 Ultrasound

We built a bowl-shaped array, composed by 36 transducers that emit at 40kHz. Ultrasounds generate high pressure points that can be felt if they are modulated at 200 Hz. A pressure point is generated above 5 cm from the bowl. Users are able to feel it on the palm of their hands. (See figure 1.E).

3 PILOT USER STUDIES AND RESULTS

We conducted a pilot user study (N=6). Participants interacted with the four contactless experiences and were asked to describe: what they felt in their own words, what real life analogies they associated with the stimuli and where the sensation was stronger. Participants were standing up, blindfolded and wearing noise-cancelling headphones. They did not know the devices previously. This pilot experience helped to gather information to understand how to prepare the demo for the final user experience.

The results were:

3.1 Electrostatic Piloerection

Reported adjectives: Tickling or tingling (4) and Subtle (3). Real world analogies: spider web, feather, caresses. Spider webs analogy was mentioned by all the participants, and they reported feeling the sensation more intensely on the back of the hand and the back part of the fingers.

3.2 Focused Light-induced Heat

Reported adjectives: Hot (6), radiant (3), and focused (3). Real world analogies: sunlight, fireballs, bulbs. Some users reported the sensation of residual human heat after a handshake. There was no consensus about where the stimuli were felt stronger: some users felt it more on the palm and others on the backhand.

3.3 Electric Plasma

Reported adjectives: Stinging (4), tingling (4) and intense (3). Real world analogies: insect bites, needles, bubbles. Participants felt the sensation stronger on their fingers and knuckles.

3.4 Ultrasound

Reported adjectives: Pleasant (5), ethereal (2) and neutral (2). Real world analogies: water like a fountain stream, smoke, paranormal phenomena such as touching a ghost or UFO abductions. Participants reported stronger sensations on the palm of the hand.

4 CONCLUSIONS

The pilot study permitted us to gather the needed information about the studied stimuli to understand how to design the VR demo. We created an interactive circuit joining the four technologies, so users could experience them with playable VR demos. The aim of the research is to explore how conctactless haptic devices enhance the VR experiences, making them more engaging and realistic.

ACKNOWLEDGMENTS

Funded by the EU Horizon 2020 research and innovation programme No 101017746 TOUCHLESS, by the European Research Consortium No 101042702 Intevol-ERC2021-STG, and by Gobierno de Navarra Fondo Europeo de Desarrollo Regional GymTar 0011-1365-2022-000085.

REFERENCES

[1] Hrvoje Benko, Christian Holz, Mike Sinclair, and Eyal Ofek. 2016. Normaltouch and texturetouch: High-fidelity 3d haptic shape rendering on handheld virtual reality controllers. (2016), 717–728.
[2] Naroa Iriarte, Iñigo Ezcurdia, Sonia Elizondo, Josu Irisarri, Daria Hemmerling, Amalia Ortiz, and Asier Marzo. 2023. Contactless Electrostatic Piloerection for Haptic Sensations. *IEEE Transactions on Haptics* (2023).
[3] Daniel Spelmezan, Deepak Ranjan Sahoo, and Sriram Subramanian. 2017. Sparkle: Hover feedback with touchable electric arcs. (2017), 3705–3717.
[4] Chyanna Wee, Kian Meng Yap, and Woan Ning Lim. 2021. Haptic interfaces for virtual reality: Challenges and research directions. *IEEE Access* 9 (2021), 112145–112162.

Artículos Destacados

Measuring Attention of ADHD Patients by means of a Computer Game featuring Biometrical Data Gathering

Miguel A. Teruel
Universidad de Alicante
Instituto de Investigación Sanitaria y Biomédica de Alicante (ISABIAL)
San Vicente del Raspeig, Alicante
España
materuel@dlsi.ua.es

Javier Sanchís
Universidad de Alicante
XSB Disseny i Multimedia, S.L.
San Vicente del Raspeig, Alicante
España
jfsanchis@dlsi.ua.es

Nicolás Ruiz-Robledillo
Universidad de Alicante
Instituto de Investigación Sanitaria y Biomédica de Alicante (ISABIAL)
San Vicente del Raspeig, Alicante
España
nicolas.ruiz@ua.es

Natalia Albaladejo-Blázquez
Universidad de Alicante
Instituto de Investigación Sanitaria y Biomédica de Alicante (ISABIAL)
San Vicente del Raspeig, Alicante
España
natalia.albaladejo@ua.es

Rosario Ferrer-Cascales
Universidad de Alicante
Instituto de Investigación Sanitaria y Biomédica de Alicante (ISABIAL)
San Vicente del Raspeig, Alicante
España
rosario.ferrer@ua.es

Juan Trujillo
Universidad de Alicante
Instituto de Investigación Sanitaria y Biomédica de Alicante (ISABIAL)
San Vicente del Raspeig, Alicante
España
jtrujillo@dlsi.ua.es

Abstract

ADHD is a neurodevelopmental disorder diagnosed mainly in children, marked by inattention and hyperactivity-impulsivity. The symptoms are highly variable, such as different ages of onset and potential comorbidities, contributing to frequent misdiagnoses. Professionals note a gap in modern diagnostic tools, making accurate identification challenging. To address this, recent studies recommend gamification for better ADHD diagnosis and treatment, though further research is essential to confirm its efficacy. This work aims to create a serious game, namely "Attention Slackline", to assess attention levels. The game, designed with expert input, requires players to concentrate on a specific point to recognize specific patterns while managing distractions. A controlled experiment tested its precision, and results were compared with established attention tests by a correlation analysis. Statistical analysis confirmed the game's validity, especially in tracking attention through correct responses and errors. Preliminary evidence suggests that "Attention Slackline" may serve as a credible instrument for the assessment of attentional capacities in individuals with ADHD, given that its outcomes have been empirically shown to correlate with those derived from a well-established attention assessment methodology.

Keywords: ADHD, Serious game, Attention, Assessment, Neuropsychology, Experiment, Children

1 Cita completa

Teruel, M. A., Sanchís, J., Ruiz-Robledillo, N., Albaladejo-Blázquez, N., Ferrer-Cascales, R., & Trujillo, J. (2024). Measuring Attention of ADHD Patients by means of a Computer Game featuring Biometrical Data Gathering. *Heliyon*, 10(5), e26555. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26555

JCR Q2, IF 4.0, 34/134 (MULTIDISCIPLINARY SCIENCES)

Interacción'24, Junio 19–21, 2024, A Coruña, España

.

Una herramienta para la creación de actividades educativas basadas en interacción tangible: análisis de su aceptación por parte de los educadores

Verónica Artola
Instituto de Investigación en Informática - III-LIDI. Facultad de Informática. UNLP
La Plata, Argentina
vartola@lidi.info.unlp.edu.ar

Cecilia Sanz
Instituto de Investigación en Informática - III-LIDI. Facultad de Informática. UNLP
La Plata, Argentina
csanz@lidi.info.unlp.edu.ar

Sandra Baldassarri
Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas. Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)
Universidad de Zaragoza, España
sandra@unizar.es

ABSTRACT

Esta contribución es un resumen del artículo: "A Novel Tangible Interaction Authoring Tool for Creating Educational Activities: Analysis of its Acceptance by Educators", Artola V., 2022. IEEE Transactions on Learning Technologies vol. 16, no. 5, pp. 633-647, Oct. 2023, doi: 10.1109/TLT.2022.3216117 .

En este trabajo se presenta una herramienta de autor (EDIT) para la creación de aplicaciones basadas en Interacción Tangible (IT) para una mesa interactiva. Se analiza su aceptación para la creación de actividades educativas y se estudia el valor que los educadores asignan a la IT en su contexto educativo. Se realizaron sesiones con educadores (n=38) utilizando un instrumento adaptado basado en el Modelo de Aceptación de Tecnología para analizar la utilidad, la facilidad de uso percibidas, las actitudes hacia el uso de la computadora, la complejidad tecnológica, la autoeficacia y la intención de uso al crear actividades educativas basadas en IT utilizando la herramienta EDIT. Los resultados fueron positivos y se observa que los educadores encuentran valiosa la interacción tangible principalmente para trabajar con niños y en educación especial.

KEYWORDS

Herramienta de autor, Interacción Tangible, Educación, Aceptación tecnológica

1 INTRODUCCIÓN

Las interfaces de usuario tangibles (TUI) permiten relacionar información digital con objetos tangibles. Los objetos tangibles se identifican como entidades físicas y reales que pueden ser manipuladas y que funcionan como puente para interactuar con aplicaciones digitales. Los beneficios de las TUI para los procesos de aprendizaje están relacionados principalmente con la manipulación física. Desde sus inicios, la generación de aplicaciones basadas en IT ha estado fuertemente ligada a los especialistas en el campo de las Tecnologías de la Información. Sin embargo, la creación de este tipo de aplicaciones requiere de la colaboración de profesionales con conocimientos expertos en dominios específicos, además de las habilidades de ingeniería e informática involucradas en el desarrollo de sistemas. Cuando Los educadores que desean implementar una aplicación basada en IT para mediar contenido de su dominio, generalmente deben interactuar con profesionales en el campo de las Tecnologías de la Información, tanto en la creación como para realizar adaptaciones.

Las herramientas de autor (AT) son programas que permiten a los usuarios crear sus propias aplicaciones informáticas sin la intervención de un especialista en informática. Este tipo de aplicaciones ha cobrado especial interés en el ámbito de la Educación porque permite a los educadores crear sus propios materiales educativos y enriquecer así sus propuestas didácticas. Habitualmente, este tipo de herramientas funcionan a través de plantillas preestablecidas y, tras un proceso de compilación, generan un programa que se puede ejecutar independientemente del software que lo generó.

2 HERRAMIENTA DE AUTOR PARA APLICACIONES BASADAS EN IT

Como parte de la investigación [1] se llevó adelante una revisión sistemática de literatura con el fin de conocer las posibilidades y vacancias de herramientas de autor para crear aplicaciones IT con mesas interactivas, especialmente se consideran características que sean de interés para que docentes puedan construir proyectos educativos con estas herramientas. Se definieron las bases de datos de interés, el período (2008-2019), las preguntas de investigación y el idioma (inglés y español). Luego de un proceso de filtrado a través de la lectura de título y resumen de 492 artículos encontrados, se analizaron 74 artículos en profundidad, y finalmente, se seleccionaron 21 que estaban en el foco del estudio. Se encontraron 13 herramientas de autor referidas en estos artículos que dieron la oportunidad de conocer características de interés y cuestiones aún no atendidas.

EDIT (Editor de Interacción Tangible) nace con el objetivo de cubrir necesidades observadas en el análisis, a partir de la revisión sistemática, de herramientas de autor para la creación de actividades basadas en IT. Recupera características que se han encontrado como beneficiosas en el estudio realizado, y busca cubrir otras que no se han tenido en cuenta en propuestas previas. Como toda herramienta de autor, permite editar y personalizar diferentes opciones para la creación de una aplicación. EDIT fue concebida para crear aplicaciones IT basadas en técnicas de visión por computadora con una mesa interactiva. Para ello, integra una capa de abstracción sobre la tecnología subyacente (captura y detección con cámara, identificación de posición y rotación del objeto en relación a las

Interacción'24, Junio 19–21, 2024, A Coruña, España
.

coordenadas, etc.), y también sobre diferentes aspectos del diseño de la aplicación IT (relación entre objetos físicos y virtuales, interacciones, etc.).

Para abstraer al usuario tanto de la tecnología subyacente como de los aspectos de diseño, EDIT se basa en el uso de plantillas, que ofrecen diferentes tipos de actividades prediseñadas. Los usuarios seleccionan el tipo de actividad y luego ajustan varias configuraciones según sus necesidades. Esto aborda desafíos en relación al diseño de cómo se integrarán el mundo físico y virtual, así como en relación a guiar la creación de interacciones. Con EDIT el usuario asigna un nombre identificativo a cada objeto físico con el que interactuará la aplicación. En las plantillas, se deben indicar las áreas de la mesa donde se desea que se produzcan las interacciones, así como los identificadores correspondientes a los objetos vinculados en cada interacción. De esta manera, los usuarios no tienen que preocuparse por cómo se implementan estas asociaciones. En síntesis, EDIT es una herramienta de autor diseñada para ser utilizada en educación, aunque no se limita a este contexto, ya que podría ser utilizado por otro tipo de profesionales.

Figure 1: Pantalla para la creación de una actividad de asociación. Se puede ver la representación de la superficie de la mesa donde el usuario selecciona el espacio para las interacciones

3 SESIONES CON EDUCADORES PARA ANALIZAR LA ACEPTACIÓN DE EDIT

En el estudio participaron 38 educadores (de 24 a 58 años). La distribución por género fue 66% mujeres (n=25) y 34% varones (n=13), de acuerdo a su elección. En relación al nivel educativo en el que imparten docencia, el 21% de estos educadores trabajaban en el nivel primario, el 18% en el nivel secundario y el 61% en el nivel terciario. Considerando sus conocimientos previos sobre IT, el 24% indicó que no tenía ningún conocimiento previo sobre esta tecnología, y sólo el 3% señaló que tenía un conocimiento profundo de la materia. El porcentaje más alto (73%) corresponde a quienes señalaron tener algún conocimiento (poco, moderado o avanzado) sobre IT. En cuanto al uso, el 53% señala que nunca ha utilizado tecnología basada en TI. Del 47% restante, sólo el 3% afirmó haberlo utilizado mucho.

La metodología seguida se organizó en 2 etapas. En una primera etapa se presentó a los educadores el concepto de IT y se les brindaron aplicaciones, a modo de ejemplo, para que pudieran experimentar con esta tecnología. Estas aplicaciones habían sido desarrolladas con EDIT, por lo que los educadores pudieron visualizar el tipo de actividades que se pueden realizar con la herramienta. En la segunda etapa, a cada participante se le pidió que utilizara EDIT para crear su propia aplicación, para lo cual se le ofreció el contenido multimedia necesario (imágenes, vídeos y sonidos). Durante esta etapa, cada sesión fue observada por al menos dos investigadores que completaron un formulario de observación. Finalmente, se realizó un Focus Group para recoger opiniones y conclusiones de los participantes respecto a la experiencia. Las sesiones fueron grabadas para su posterior análisis.

4 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demuestran que los educadores se sintieron interesados y motivados por las posibilidades de EDIT y la IT en sus contextos educativos, con alta aceptación tecnológica a partir del TAM adaptado. Sin embargo, indicaron que necesitaron ejemplos para poder concebir sus propias actividades educativas con IT, lo que abre una línea de trabajo futuro, para proponer un repositorio de proyectos compartidos creados con EDIT. Finalmente, indicaron que esta tecnología favorece situaciones de aprendizaje con los niños, y/o en el ámbito de la educación especial.

5 AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos T60_23R del Gobierno de Aragón y PID2022- 136779OB-C31 del Ministerio de Ciencia e Innovación de España.

REFERENCES

[1] Verónica Artola, Cecilia Sanz, and Sandra Baldassarri. 2022. A Novel Tangible Interaction Authoring Tool for Creating Educational Activities: Analysis of its Acceptance by Educators. *IEEE Transactions on Learning Technologies* (2022).

Received 09 March 2024; revised 12 March 2024; accepted 5 June 2009

Exploring intergenerational interactions through an online storytelling experience

Eva Cerezo†
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)
Universidad de Zaragoza, España
ecerezo@unizar.es

Teresa Coma-Roselló, Ana Cristina Blasco
Dpto. de Ciencias de la Educación
Universidad de Zaragoza, España
tcoma@unizar.es, anablas@unizar.es

Antonio Aguelo, Mª Ángeles Garrido
Dpto. de Psicología y Sociología
Universidad de Zaragoza, España
aaguelo@unizar.es, garrido@unizar.es

ABSTRACT

This contribution presents a work published in the IEEE Transactions on Learning Technologies[1].

Intergenerational games to be played by grandparents and their grandchildren can be mutually beneficial for both age groups: breaking with age stereotypes, linking the learning and leisure needs of both generations and encouraging communication, solidarity, and social connectedness between generations. Due to the COVID-19 pandemic, it was necessary to switch from co-located physical intergenerational play to online experiences. Intergenerational games have to be carefully designed to promote symmetrical interactions, fun and engagement on the part of both age groups as well as to develop easy to use interfaces. In this work, we present an online storytelling game designed to be played by family teams formed by grandparents and their grandchildren. The guidelines followed, the assessment tools designed to evaluate the intergenerational dynamics and the emotions that arise during the experience are also presented. Results of the three online sessions carried out are presented and discussed.

CCS CONCEPTS

• Human-centered computing •Human Computer interaction

• Interactive systems and tools

KEYWORDS

Intergenerational dynamics, Online games, Storytelling, Technological acceptance

ACM Reference format:

Interacción'24, Junio 19-21, 2024. A Coruña, España

1 Designing Intergenerational Online Gaming Experiences

Due to the restrictions associated with the COVID-19 pandemic, it was necessary to move from collocated to online intergenerational games. Switching to online experiences was a major challenge as we had to involve grandparents alone at home in a digital experience with no help. Besides, the experience had to be designed so that both age groups could feel comfortable and have fun. In addition, we had to be able to properly assess the online experience and detect the intergenerational dynamics and the acceptance of such experiences. It was decided to carry out a study to try to answer the following research questions:

RQ1: Can an online gaming experience contribute to greater technological acceptance among older adults of intergenerational digital games?

RQ2: Can an online gaming experience enhance intergenerational relationships?

RQ3: What kind of problem-solving strategies emerge in an online intergenerational experience?

RQ4. What kind of emotions emerge in an online intergenerational experience? Would the experience be satisfactory?

RQ5: Is it feasible to carry out an online intergenerational activity? What would be its differential value?

In order to answer these questions, we have carried out the following work:

-We have extracted intergenerational design guidelines from the literature as well as from our previous intergenerational playing experiences.

-We have designed assessment tools, including an observation sheet and questionnaires, to be able to assess the intergenerational experience, the intergenerational dynamics and the acceptance of such experiences.

- We have designed an online intergenerational game and carried out three online intergenerational playing sessions that have been assessed using the aforementioned tools. The aim has been to validate the usefulness of this kind of activity to foster intergenerational dynamics and the assessment tools designed.

2. Online intergenerational storytelling experience: The Garden of our Dreams game

The game has been designed to be played online by up to four teams, each team formed by a family (composed of grandparents and grandchildren). The objective of the online game is to build the "Garden of our Dreams": at the beginning of the game an empty garden is presented to the players as well as different elements that can be placed in it (see Fig. 1left). To buy those elements the teams have to get points. To do this, the teams have to think of a story and tell it to the other teams that have to guess if it is real or invented and to which emotion it is related.

The game has been carefully designed following the proposed intergenerational design factors. In spite of being played with a computer, we wanted to avoid a situation where the game itself could generate difficulty and rejection, especially in the older adults. Therefore, we looked for a game that could evoke the dynamics of card games and dice, as something familiar to everyone. Cards are used to show the six different story categories (movies, parties, holidays, anecdotes, sports, family) and their six different subtopics. Three dice have to be rolled: the first to decide the category and the topic, the second to decide if the story is real or invented and the third to select one of six emotions, the well-known Ekman's universal emotions. A summary showing the characteristics of the story which players have to think about is shown (see Fig. 1middle).

Four play sessions (workshops) were held: one pilot session in March and three sessions in June 2021 (see Figure1 right). A total of 11 families participated, each family consisting of at least one grandparent and one grandchild; although in most cases, there was either more than one grandchild or more than one grandparent, so the teams were usually made up of at least three members. Grandparents ranged in age from 51 to 81 years old and grandchildren from 6 and 14 years old.

3 Discussion

This type of experience, in which grandparents connect from their own houses to participate, represents a challenge in terms of recruiting participants and carrying out the online sessions, due to grandparents' technological insecurities and their reluctance to play videogames. In spite of the challenges, positive and differential values emerge from the online experience. Both generations found that the experience had made it easier for them to relate with the other generation. They also discovered aspects/attitudes/experiences that they did not know about the other generation. Regarding emotions, the predominant in the older adults was joy; during the experience, grandmothers and grandfathers did not feel anger, fear, embarrassment or boredom. Both grandparents and grandchildren emphasized the teamwork and the atmosphere generated, and valued the fact of being able to share time and play with each other and with other people. During the experience, grandparents tried to achieve a safe and caring climate for their grandchildren. In our proposal, the classical intergenerational storytelling activity in which one generation (generally the older one) tells stories to the other (generally the younger) has been changed to a joint storytelling activity that leads to the exchange of family stories and the joint creation of new ones. In this way, the benefits of the storytelling activity increase as it promotes mutual knowledge, intergenerational dialog and fights prejudices towards older generations. Therefore, beyond the pandemic situation, such experiences can be very useful for families who are geographically separated or with their grandparents living in nursing homes. For these reasons we think it is worth the effort and that more experiences like this should be promoted.

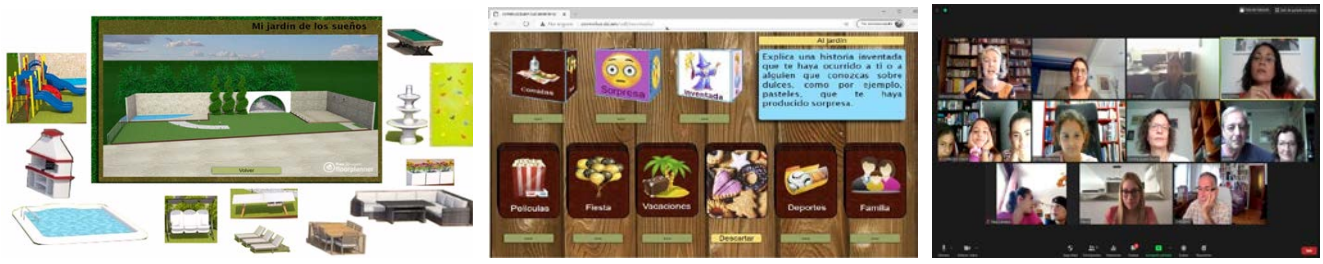


Figure 1 The empty garden and elements to add (left). Stories generation interface (middle). Online session capture (right)

ACKNOWLEDGMENTS

Work partly funded by the Spanish Government and the EU (FEDER) through the contracts RTI2018-096986-B-C31 and PID2022-136779OB-C31 and by the Aragonese Government (AffectiveLab, Group T60_23R).

REFERENCES

[1] Eva Cerezo,Teresa Coma-Roselló, Antonio Aguelo, María Ángeles Garrido , March 2023. Exploring Intergenerational Interactions Through an Online Storytelling Experience, IEEE Transactions on Learning Technologies vol 17, pp- 151-171 DOI: 10.1109/TLT.2023.3260955

A Summary of the Article: Towards a General User Model to Develop Intelligent User Interfaces

Alberto Gaspar
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria.
Departament d'informàtica.
Universitat de València. Avenida de la
Universidad s/n, 46100 Burjassot
alberto.gaspar@uv.es

José Ignacio Panach
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria.
Departament d'informàtica
Universitat de València. Avenida de la
Universidad s/n, 46100 Burjassot
joigpana@uv.es

Miriam Gil
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria.
Departament d'informàtica. Universitat de
València., Avenida de la
Universidad s/n, 46100 Burjassot
miriam.gil@uv.es

Verónica Romero
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria.
Departament d'informàtica.
Universitat de València. Avenida de la
Universidad s/n, 46100 Burjassot
veronica.romero@uv.es

ABSTRACT

This contribution is a summary of the paper: Gaspar, A., Gil, M., Panach, J.I., Romero, V. Towards a general user model to develop intelligent user interfaces. Multimedia Tools Application (2024). https://doi.org/10.1007/s11042-024-18240-w. The original paper presents a user model that can abstractly represent a wide set of user characteristics in any context of interaction with the aim of dealing with Intelligent User Interfaces. The model is based on a synthesis of previous works that have proposed specific user models and the inclusion of some required characteristics not existing previously. This model has been validated with 62 real end-users who have expressed the users' characteristics that they consider as relevant.

CCS CONCEPTS

• Human-centered computing• Interaction design • Interaction design process and methods

KEYWORDS

User model, intelligent user interface, conceptual model

1 Introduction

Intelligent User Interfaces (IUIs) emerged to adapt Graphical User Interfaces (GUI) to different users. The system must learn from the user characteristics and adapt the interfaces to his/her preferences. Designing IUIs presents several challenges as Volkel et al. [1] state. These challenges include limitations in the existing user models, relying on the software's coevolution, and technical difficulties derived from the used technology. As a first step towards fixing the existing limitations, the main contribution of this article is to propose a user model that can be used in different contexts and capture all the necessary characteristics. This proposal has been designed by analysing 31 previous user models and synthesizing a new user model that encompasses them all. The article details the literature review process, explains the reasoning behind the design of the user model's classes, and reports the results of a pilot validation study with 62 participants.

2 Related Works

The goal of user modelling is to provide a better user experience. Regarding the context of Virtual User Models (VUM), the work of Kaklanis et al. [2] presents a framework for the automatic simulation of accessibility using VUM. A VUM describes different fictitious users in order to simulate how these users interact with the system. Other works are based on the Persona method. For example, the work of Haag et al. [3] states that the Persona method uses the natural appeal of other people and can help to define a user model. Other approaches focus on personal traits, such as the OCEAN method, also known as Five-Factor model, which is based on five taxonomies to define personality traits: Openness to Experience, Conscientiousness, Extraversion, Agreeableness, and Neuroticism [4]. All the approaches found in the literature present user models to identify the users' characteristics in various contexts, with a focus on distinct characteristics. However, there is no general and more sophisticated user model to represent all user characteristics for IUIs in any context. This work aims to combine existing approaches to propose a general user model suitable for any context and any user characteristic.

3 User Model

Our proposed user model seeks to gather all relevant user characteristics into a single user model. The search was based on a Targeted Literature Research (TLM) method, which checks the Title OR Abstract OR Keywords with the following search string: ("user model" AND "user characteristics") OR ("intelligent interface" AND "user characteristics") OR ("user model" AND "Classify users") OR ("user model" AND "intelligent interface").

Interacción'24, Junio 19-21, 2024. A Coruña, España

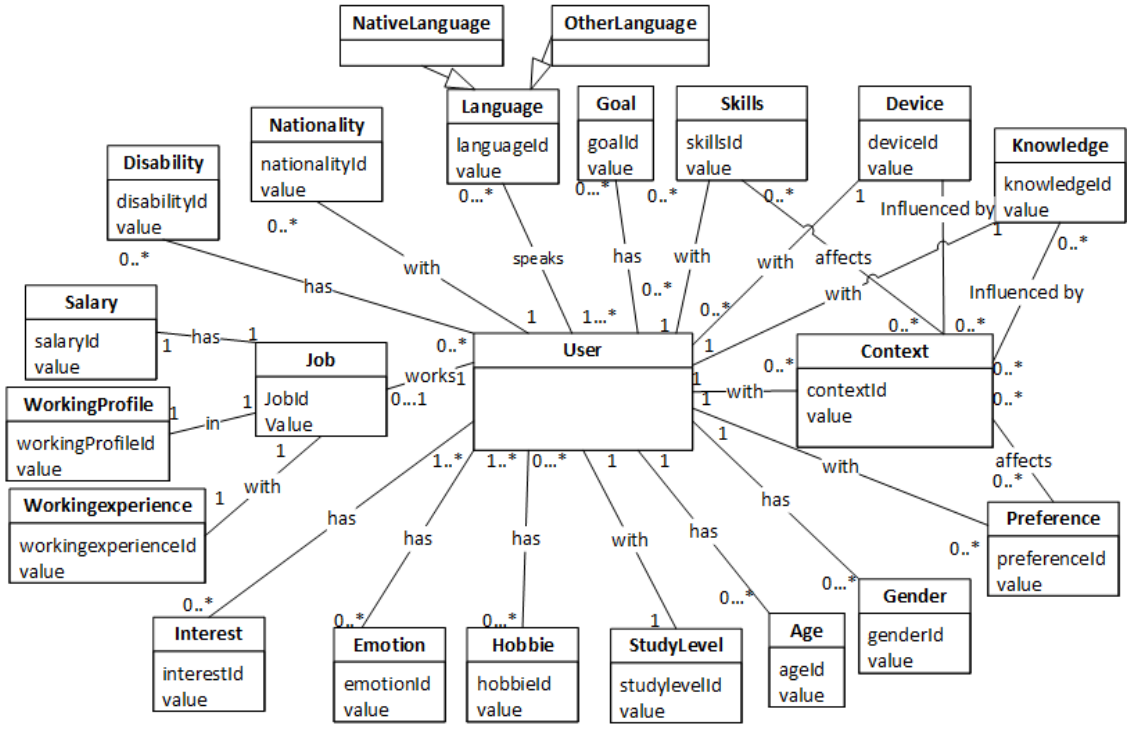


Figure 1. Proposed user model

The inclusion criteria were: (IC1) the user model includes a precise description of its classes, and (IC2) the classes that make up the user model represent user characteristics that can be learned automatically through the interaction. The exclusion criteria were: (EC1) the user model has no direct application in the GUI design; (EC2) the user characteristics do not allow the classification of users; (EC3) the user characteristics do not allow learning from the users' interaction. Before applying the inclusion criteria and reading the abstracts and titles, there were 200 works available. After applying the inclusion criteria, we reduced the group of papers to 29, which are used to define our proposal of user model. The search was conducted in June 2023 using Scopus, ACM Digital Library, and IEEExplore Digital Library. Figure 1 graphically shows the proposed user model.

4 Validation of the User Model

We recruited 62 subjects to ask about the importance of each class of the user model in the process of designing IUIs. Results show that User context (74.19%) is the most significant characteristic to adapt the interface, followed by Interests (60.93%) and Knowledge (60.48%). This choice may be based on the fact that all these three characteristics have a clearer impact on the GUI. Other characteristics such as Preferences (59.68%) or Goals (58.87%) are more relevant in specific contexts, such as the intelligent car, smart homes, or e-commerce. On the other hand, subjects showed that Gender (2.42%), Working profile (27.42%), and Nationality (27.82%) are the least important characteristics.

5 Conclusions

In this paper, we have conducted a targeted literature review to study the existing user models. As a result of this search, we have gathered all the knowledge in a single user model. As future work, we plan to use machine learning techniques to classify users into similar profiles in such a way that users with the same profile can share the adaptations.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was developed with the support of the Generalitat Valenciana with TENTACLE (GVRTE/2023/4592166), and the support of the Spanish Ministry of Science and Innovation co-financed by FEDER with SREC (PID2021-123824OB-I00).

REFERENCES

[1] Sarah Theres Völkel, Christina Schneegass, Malin Eiband and Daniel Buschek. 2020. What is "intelligent" in intelligent user interfaces? a meta-analysis of 25 years of IUI. In Proceedings of the Proceedings of the 25th International Conference on Intelligent User Interfaces Cagliari, Italy. Association for Computing Machinery.

[2] Nikolaos Kaklanis, Panagiotis Moschonas, Konstantinos Moustakas and Dimitrios Tzovaras. 2013. Virtual user models for the elderly and disabled for automatic simulated accessibility and ergonomy evaluation of designs. Universal Access in the Information Society, 12, 4, 403-425.DOI:10.1007/s10209-012-0281-0.

[3] Maren Haag and Nicola Marsden. 2019. Exploring personas as a method to foster empathy in student IT design teams. International Journal of Technology and Design Education, 29, 3, 565-582

[4] Ningxia Wang, Li Chen and Yonghua Yang. 2020. The Impacts of Item Features and User Characteristics on Users Perceived Serendipity of Recommendations.

Using a Social Robot to Evaluate Facial Expressions in the Wild

Silvia Ramis†
Departament de Matemàtiques i Informàtica
Universitat Illes Balears
Palma de Mallorca, Spain
silvia.ramis@uib.es

Jose Maria Buades
Departament de Matemàtiques i Informàtica
Universitat Illes Balears
Palma de Mallorca, Spain
josemaria.buades@uib.es

Francisco J. Perales
Departament de Matemàtiques i Informàtica
Universitat Illes Balears
Palma de Mallorca, Spain
paco.perales@uib.es

ABSTRACT

El reconocimiento de expresiones faciales juega un papel importante en el reconocimiento y la comprensión de las emociones humanas por parte de los robots. Los robots equipados con capacidades de reconocimiento de expresiones también pueden ser una herramienta útil para obtener comentarios de los usuarios. En este trabajo se utiliza un robot social para validar una red neuronal convolucional (CNN) previamente entrenada y que sea capaz de reconocer expresiones faciales en un entorno real. Para ello, se realiza una comparación entre la precisión de CNN y expertos humanos, además de analizar la interacción, atención y dificultad para realizar una expresión particular por parte de 29 usuarios no expertos. Los resultados obtenidos permiten afirmar que el uso de robots sociales es un paradigma de interacción adecuado para la evaluación de la expresión facial.

KEYWORDS

Social robots, human-robot interaction, convolutional neural network (CNN), facial expression recognition, affective computing.

1 Introducción

La interacción persona-robot (HRI) es un campo multidisciplinario con contribuciones de la interacción persona-computadora (HCI), la inteligencia artificial, la robótica, la comprensión del lenguaje natural, el diseño y las ciencias sociales [1]. Dentro de este campo, ha surgido un creciente interés en incorporar capacidades de reconocimiento de expresiones faciales en robots sociales, ya que juega un papel importante en el reconocimiento y comprensión de las expresiones humanas por parte de los robots [2].

Interacción'24, Junio 19–21, 2024, A Coruña, España
Texto completo en: https://doi.org/10.3390/s20236716

Estudios como [3] han demostrado que un robot puede afectar el entorno social de la persona que interactúa con él. Por ejemplo, los estudios de robots utilizados en la terapia del autismo [4] muestran que los robots pueden influir en la forma en que los niños interactúan con los demás. Por ese motivo, el reconocimiento de expresiones faciales es importante para dar forma a una buena interacción entre humanos y robots, y obtener una mejor experiencia de usuario. Ya que los robots sociales pueden simular la empatía y decidir la mejor forma de interactuar según la expresión facial del usuario. Los robots equipados con capacidades de reconocimiento de expresiones también pueden ser una herramienta útil para obtener feedback en videojuegos, ya que pueden evaluar el grado de satisfacción de los usuarios. Pueden actuar como mediadores, motivar al usuario y adaptar el juego según las expresiones faciales del usuario.

En este trabajo [5] se creó un sistema de interacción persona-robot, donde el robot fuera capaz de reconocer expresiones faciales e interactuar con el usuario. Este sistema permite replicar y aprender de forma lúdica siete expresiones básicas (alegría, tristeza, asco, enfado, sorpresa, miedo y neutral). Este tipo de experimento también busca fomentar la atención y motivación de los usuarios, especialmente de personas con necesidades especiales, como por ejemplo niños con autismo. Sin embargo, el sistema también se puede utilizar como una herramienta de evaluación en la experiencia de usuario, donde el robot se adapta según las expresiones del usuario (retroalimentación positiva) o como un nuevo método de captura para obtener un nuevo conjunto de datos sobre las expresiones faciales "in the wild" a través de la interacción natural con el robot.

Para ello, se establecieron dos objetivos principales:

(1) Evaluar una red neuronal entrenada en expresiones faciales. Es decir, testear la CNN en un entorno real con un conjunto de usuarios completamente nuevo, utilizando las cámaras de un robot social.

(2) Medir la atención e interacción de los participantes con un robot social a través de un cuestionario al final del experimento.

En la Sección 2, explicamos el experimento realizado. La sección 3 está dedicada al análisis de los resultados obtenidos. Y, por último, la última sección recoge las conclusiones.

2 Experimento

El experimento consistió en un juego serio para evaluar la expresión facial que el usuario realizó frente a un robot social. En el juego el robot debía actuar como si fuera un evaluador de actores y actrices, retando al participante a realizar una serie de expresiones básicas (felicidad, tristeza, asco, enfado, sorpresa y miedo) [6] además de la expresión neutra. Por cada expresión reconocida, el robot intentaba motivar al usuario y lo involucraba en el juego a través de una interacción verbal. En caso de no reconocer un rostro, el robot pide disculpas al usuario y solicita una repetición de la expresión facial. Todo este proceso se repitió hasta realizar las siete expresiones faciales, y finalizar así, el juego correctamente.

En cuanto al reconocimiento de expresiones faciales se utilizó una red entrenada con cinco bases de datos frontales estándar, dado que nuestro propósito era que la CNN fuera capaz de reconocer la expresión facial de una persona que nunca ha visto. Se debe de tener en cuenta que la expresión facial de una misma persona puede aparecer de forma diferente según el brillo, el fondo y la postura. Además de que una misma imagen puede tener diferente intensidad de color o resolución dependiendo de la cámara y el entorno donde se hace la captura.

Finalmente, el experimento concluyó con una evaluación de la interacción entre el robot y el participante (diálogos y fluidez de movimientos), así como la atención (nivel de concentración del usuario) y la dificultad para expresar una expresión facial a través de una entrevista final con cada participante. Dado que los participantes no eran expertos en este campo, algunos de ellos no sabían cómo expresar alguna expresión facial.

2.1 Participantes

El número de usuarios que participaron en el experimento fue de 29 participantes no expertos de entre 18 y 38 años. Siendo el 41% mujeres y el 59% hombres.

2.2 Sesiones

Se realizaron dos sesiones. Cada sesión se lanzó de forma personalizada con el nombre del participante. Las sesiones tienen una duración de unos 15 minutos, de los cuales 5 fueron utilizados con el robot social y 10 para responder el cuestionario. Cada sesión consistía en realizar una secuencia de expresiones faciales que proponía el robot, dando lugar a siete interacciones con el robot por sesión.

3 Resultados

En primer lugar, se analizaron los resultados tanto por la CNN como por expertos. Es decir, una vez obtenidas las imágenes procesadas por la CNN, fueron evaluadas y etiquetadas también por 10 personas expertas. De esta forma se consiguió analizar ambos y ver su correspondencia. En segundo lugar, se analizaron los resultados de los cuestionarios que fueron cumplimentados por todos los usuarios al final del experimento.

En la comparación entre la CNN y los expertos, se demostró que los expertos reconocieron la cara neutral con un 68% más de precisión que la CNN. Esto provocaba que la precisión media del sistema disminuyese alrededor de un 12% respecto a los expertos. A pesar de ello, se pudo concluir de manera visual y estadística que la CNN se acercó a la percepción humana, especialmente en las 6 expresiones básicas.

En cuanto al cuestionario, los participantes fueron encuestados al final del experimento. La mayoría de los usuarios (93%) no necesitaron ayuda. Fueron guiados únicamente por las instrucciones del robot. Sólo el 7% de los participantes hizo algunas preguntas al interlocutor. Entre los comentarios dejados por los participantes destacamos que les gustó la experiencia de poder interactuar con un robot social, que el robot fue capaz de reconocer sus expresiones faciales y poder evaluar su capacidad como actor o actriz. Los divertidos diálogos que tenía el robot según la expresión reconocida y los armoniosos movimientos que realizaba el robot NAO al interactuar con el usuario, dieron como resultado una experiencia de usuario satisfactoria.

4 Conclusiones

En este trabajo, se diseñó, implementó y validó un sistema de interacción basado en un robot social que permitió evaluar una red neuronal entrenada en expresiones faciales que permite probar la CNN en un entorno real con un conjunto de usuarios completamente nuevo. Además de medir la atención e interacción de los participantes con un robot social a través de un cuestionario al final del experimento.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo ha sido soportado por el proyecto "Playful Experiences with Interactive Social Agents and Robots (PLEISAR): Social Learning and Intergenerational Communication". PID2022-136779OB-C32 (MINECO/AEI/ ERDF, EU).

REFERENCIAS

[1] Carroll, J.M., Kjeldskov, J. *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction*, 2nd ed., Interaction Design Foundation: Aarhus, Denmark, 2013.

[2] Chen, L., Zhou, M., Su, W., Wu, M., She, J., Hirota, K. *Softmax regression based deep sparse autoencoder network for facial emotion recognition in human-robot interaction.* Inf. Sci. 2018, 428, 49–61.

[3] Jung, M., Hinds, P. *Robots in the wild: A time for more robust theories of human-robot interaction.* ACM Trans. Hum.-Robot Interact. 2018, 7, 2.

[4] Scassellati, B., Admoni, H., Matarić, M. *Robots for use in autism research.* Annu. Rev. Biomed. Eng. 2012, 14, 275–294

[5] Ramis, S., Buades, J.M., Perales, F.J. Using a Social Robot to Evaluate Facial Expressions in the Wild. *Sensors* 2020, *20*, 6716. https://doi.org/10.3390/s20236716.

[6] Ekman, P. *Facial Expression.* In Nonverbal Communication and Behavior. Siegman, A., Feldstein, S., Eds. Lawrence Erlbaum Association: Mahwah, NJ, USA, 1977. pp. 97–126.

Presentación de grupos y proyectos

Inteligencia Artificial Explicable para el Envejecimiento Saludable y el Bienestar Social

J.M. Alonso-Moral
A. Catala
N. Condori-Fernandez
P. Félix
J. Presedo
josemaria.alonso.moral@usc.es
alejandro.catala@usc.es
n.condori.fernandez@usc.es
paulo.felix@usc.es
jesus.presedo@usc.es
Centro Singular de Investigación en Tecnoloxías Intelixentes (CiTIUS), Universidade de Santiago de Compostela
Spain

R. Berlanga
L. Museros
D. Llidó
P. Garcia-Segarra
V. Santamarta
berlanga@lsi.uji.es
museros@icc.uji.es
dllido@lsi.uji.es
psegarra@uji.es
santamav@uji.es
Languages and Computer Systems Department, Universitat Jaume I
Castellón, Spain

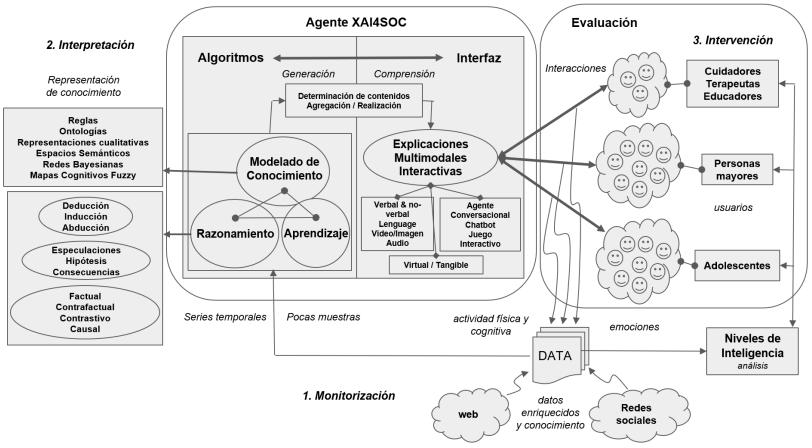


Figura 1: Resumen gráfico del proyecto XAI4SOC.

RESUMEN

El proyecto XAI4SOC (https://xai4soc.es/) es un proyecto coordinado entre la *Universitat Jaume I* (UJI) de Castellón y la *Universidade de Santiago de Compostela* (USC), que ejerce la tarea de coordinador. XAI4SOC está financiado por la convocatoria 2021 de ayudas a «PROYECTOS DE GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO» en el marco del Programa Estatal para Impulsar la Investigación Científico-Técnica y su Transferencia, del Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2021-2023. Es un proyecto de 3 años que empezó el 1 de septiembre de 2022, y por tanto se encuentra en su punto medio de ejecución. En este trabajo presentamos los objetivos del proyecto y su estado actual de desarrollo.

KEYWORDS

IA fiable, Explicaciones Multimodales Interactivas, Deterioro Cognitivo, Juegos Educativos, deteccion automatica de emociones

1. INTRODUCCIÓN

La Asamblea General de Naciones Unidas declaró 2021-2030 la Década del Envejecimiento Saludable[1]. Esto implica empoderar a los mayores para que sigan siendo ciudadanos física y cognitivamente activos [4]. Para mejorar su bienestar, se tiene que educar a los ciudadanos en hábitos saludables desde la juventud. Las tecnologías de la información y las comunicaciones, especialmente la Inteligencia Artificial (IA), pueden proporcionar a los ciudadanos herramientas de apoyo a la toma de decisión informada que contribuyan a mejorar la inclusión social y promover la salud y el bienestar de la ciudadanía. Este enfoque comprometido con los principios de

Interacción'24, Junio 19–21, 2024, A Coruña, España
.

[1] OMS: https://www.who.int/initiatives/decade-of-healthy-ageing

la IA centrada en el ser humano debe basarse en la denominada IA explicable (XAI), que representa un esfuerzo por crear nuevos agentes inteligentes capaces de ayudar a sus usuarios a tomar decisiones, y explicar explícitamente tales decisiones [1]. Aunque XAI es un campo de investigación fructífero, todavía hay 3 grandes retos abiertos: (1) Diseñar algoritmos que respondan a cuestiones sobre su comportamiento y forma de razonar; (2) implementar interfaces de Interacción Persona-Ordenador (IPO) adaptadas a las características de los diferentes usuarios; y (3) validar los desarrollos de XAI en problemas del mundo real más allá del mundo académico.

En el proyecto XAI4SOC estamos creando las herramientas necesarias para el diseño, desarrollo, validación, pruebas y despliegue de una nueva generación de agentes XAI (algoritmos e interfaces; ver la Fig. 1) para empoderar a sus usuarios, con la supervisión de cuidadores, terapeutas y educadores, en pos de promover el envejecimiento saludable y el bienestar social. Hemos seleccionado 2 poblaciones objetivo a efectos de validación de nuestra propuesta por considerarse más vulnerables física, cognitiva o socialmente. Por un lado, XAI4SOC-USC se centra en personas mayores en posible riesgo de demencia [2]. Por otro lado, XAI4SOC-UJI se centra en mejorar las capacidades cognitivas de adolescentes [3]. Así, el proyecto XAI4SOC busca mejorar el bienestar físico, mental y social de los ciudadanos objetivo mediante la aplicación sucesiva de un ciclo de seguimiento-interpretación-intervención como el ilustrado en la figura. Una muestra de ambas poblaciones objetivo será sometida a seguimiento fisiológico, físico, emocional y cognitivo a lo largo del proyecto.

2. OBJETIVOS

El objetivo es identificar a partir de la interpretación de los datos recopilados: (1) variables que pueden servir para predecir el deterioro físico o cognitivo; (2) variables que pueden ayudar a detectar estados de ansiedad, estrés o depresión; (3) variables que pueden ayudar a desarrollar nuevas capacidades cognitivas; y (4) actitudes que puedan dificultar o impedir la integración social. XAI4SOC proporcionará a los usuarios objetivo, sus cuidadores, terapeutas y educadores, un conjunto de soluciones a medida, actualmente en desarrollo, basadas en estrategias de gamificación y técnicas de comunicación persuasiva para promover y mejorar hábitos saludables, habilidades cognitivas y participación social. XAI4SOC proporcionará a los ciudadanos información valiosa de forma natural a través de interfaces multimodales explicables y accesibles combinando lenguajes de comunicación verbal y no verbal. Al final del proyecto, todos los recursos creados (la API de XAI4SOC con todos los algoritmos desarrollados, las aplicaciones XAI4SOC-emoBook y XAI4SOC-cogGames, los conjuntos de datos XAI4SOC-health y XAI4SOC-edu) se pondrán a disposición de la comunidad científica en forma de código abierto.

3. RETOS IPO EN XAI4SOC

En XAI4SOC estamos abordando los siguientes retos científico-tecnológicos relacionados con IPO:

- Diseño y validación de algoritmos (y estudios de validación empíricos) para personalización de explicaciones generadas automáticamente a partir de datos. Esta personalización pueden ser multimodal e interactiva (texto, visual, gráficos y/o diálogo).
- Diseño y validación de modelos gráficos probabílisticos para el análisis de series temporales con pocos datos.
- Diseño y validación de agentes conversacionales interactivos para estimulación cognitiva.
- Diseño y validación de técnicas para reconocimiento y modelado de emociones.
- Diseño y validación de agentes conscientes del estado afectivo, a partir del análisis de voz.
- Diseño y validación de interfaces de usuario de tipo tableta y tangibles para actividades ludico-terapéuticas de aprendizaje y/o mantenimiento de habilidades sociales y cognitivas. Con especial interés en el desarrollo de habilidades espaciales y temporales.

4. CONCLUSIONES

El trabajo multidisciplinar desarrollado en XAI4SOC tendrá aplicación inmediata en salud y educación, produciendo a medio y largo plazo un mayor bienestar social. Cabe destacar el esfuerzo por diseñar y validar soluciones IPO con soporte de XAI, que contribuirán a dotar de usabilidad, fiabilidad, y en última estancia a humanizar los nuevos servicios y aplicaciones basados en IA.

ACKNOWLEDGMENTS

Los Proyectos PID2021-123152OB-C21 y PID2021-123152OB-C22 están financiados por MCIN/ AEI /10.13039/501100011033/ y por FEDER "Una manera de hacer Europa". Además, los investigadores de USC agradecen el apoyo de la Xunta de Galicía - Consellería de Cultura, Educación, Formación Profesional e Universidades (ED431G2019/04 y ED431C2022/19). Algunas de las ayudas anteriores están cofinanciadas por el programa Fondos Europeos de Desarrollo Regional.

REFERENCIAS

[1] Sajid Ali, Tamer Abuhmed, Shaker El-Sappagh, Khan Muhammad, Jose M. Alonso-Moral, Roberto Confalonieri, Riccardo Guidotti, Javier Del Ser, Natalia Díaz-Rodríguez, and Francisco Herrera. 2023. Explainable Artificial Intelligence (XAI): What we know and what is left to attain Trustworthy Artificial Intelligence. *Information Fusion* 99 (2023), 101805. https://doi.org/10.1016/j.inffus.2023.101805

[2] S. El-Sappagh, J.M. Alonso-Moral, T. Abuhmed, F. Ali, and A. Bugarín-Diz. 2023. Trustworthy artificial intelligence in Alzheimer's disease: state of the art, opportunities, and challenges. *Artificial Intelligence Review* 56 (2023), 11149–11296. https://doi.org/10.1007/s10462-023-10415-5

[3] P. Garcia-Segarra, V. Santamarta, and Z. Falomir. 2024. Educating on spatial skills using a paper-folding-and-punched-hole videogame: gameplay data analysis. *Frontiers in Education* 9 (2024). https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1303932

[4] World Health Organization. 2004. *Promoting mental health: concepts, emerging evidence, practice.* Technical Report. Geneva: World Health Organization.

RehbeCa: Ejercicio Terapéutico mediante Exergame en Dispositivos Móviles para la Rehabilitación Cervical

Iosune Salinas-Bueno
Pau Martínez-Bueso
Maria Teresa Arbós-Berenguer
Departamento de Enfermería y Fisioterapia
Instituto de Investigación Sanitaria Illes Balears (IdISBa)
Universidad de las Islas Baleares
Palma, España

Lorenzo Mas-Reina
Departamento de Enfermería y Fisioterapia
Universidad de las Islas Baleares
Palma, España

Maria Francesca Roig-Maimó
Ramon Mas-Sansó
Javier Varona
Departamento de Ciencias Matemáticas e Informática
Universidad de las Islas Baleares
Palma, España

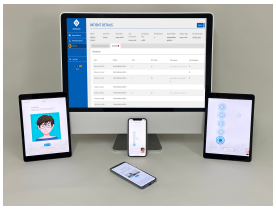
(a) (b) (c) 

Figura 1: RehbeCa: Exergame para rehabilitación cervical (a) Los pacientes interactúan con el exergame mediante el movimiento de su cabeza (b) Puede usarse en diferentes dispositivos móviles y sistemas operativos (c) Consta de una aplicación móvil, para los pacientes, y una aplicación web, para los fisioterapeutas.

RESUMEN

En este artículo presentamos el proyecto RehbeCa, una experiencia multidisciplinar de diseño y desarrollo tecnológico de salud digital para la realización de ejercicio terapéutico para la rehabilitación cervical a distancia. El sistema consta de una aplicación móvil (a utilizar por los pacientes) y una aplicación web (a utilizar por los fisioterapeutas) que permite la monitorización remota de la evolución del paciente. La aplicación móvil consiste, principalmente, en un exergame diseñado para realizar ejercicios terapéuticos cervicales y aumentar la motivación de los pacientes. El juego integra un head-tracker que funciona con la cámara del dispositivo que, al no precisar de sensores adicionales, puede usarse para realizar el tratamiento prescrito en los propios dispositivos móviles de los pacientes; es decir, en cualquier lugar y en cualquier momento.

KEYWORDS

Rehabilitación cervical, salud digital, head-tracker, exergames

1. INTRODUCCIÓN

Los trastornos musculo-esqueléticos de la zona cervical son comunes en la población, con una presencia y coste económico en aumento en la sociedad moderna. Los estudios informan de que más del 50 % de adultos han sufrido algún episodio de cervicalgia en los últimos 6 meses, y que el 37 % de ellos evoluciona en cervicalgia crónica, limitando la funcionalidad de la persona [1]. Se trata de cuadros dolorosos y que provocan limitación funcional, afectando a la calidad de vida. Además de las alteraciones para la salud de las personas que lo sufren, suponen un impacto para las familias, la comunidad y un alto coste económico para el sistema de salud. Uno de los trastornos musculo-esqueléticos de la zona cervical más frecuentes es la cervicalgia inespecífica, definida como un tipo de dolor cervical provocado por alteraciones musculo-esqueléticas no específicas, que pueden ocurrir de manera repetida, resultando en muchas ocasiones en dolor crónico.

El tratamiento rehabilitador de la cervicalgia inespecífica se aborda a partir de múltiples tratamientos. Una de las herramientas terapéuticas que ha demostrado ser más eficaz en el alivio del dolor y en la mejora de la calidad de vida es el ejercicio terapéutico [2]. Sin embargo, este tipo de ejercicios requieren constancia para mantener su efecto en el tiempo, por lo que la adherencia al tratamiento, entendida como la medida en la que una persona sigue las recomendaciones e instrucciones prescritas por el terapeuta, es esencial. Una posible forma de aumentar la adherencia es a través de la motivación. El uso de exergames podría aumentar la motivación y el entretenimiento de la persona que realiza los ejercicios terapéuticos. El juego induce a realizar ejercicio físico con el objetivo final de mejorar el dolor cervical a través del entretenimiento con el fin de motivar al paciente y aumentar su adherencia al tratamiento.

En este artículo presentamos el proyecto RehbeCa para el abordaje del ejercicio terapéutico en la rehabilitación cervical a distancia. El sistema consta de una aplicación móvil (a utilizar por los pacientes) y una aplicación web (a utilizar por los fisioterapeutas) que permite el seguimiento del desempeño del paciente sin necesidad de presencialidad, facilitando, por tanto, la telerehabilitación.

Interacción'24, Junio 19–21, 2024, A Coruña, España

2. OBJETIVOS

El objetivo general del proyecto es estudiar la validez del uso del exergame en salud mediante dispositivos móviles para la realización de ejercicio terapéutico cervical que cumpla con las premisas de capacitación al paciente, usable para el personal sanitario, que aporte valor en el registro de datos de pacientes y que facilite el traslado de datos a otros sistemas o partes del sistema público de salud. De forma más específica, se pretende:

OE1 Desarrollar la aplicación móvil que integre un exergame que induzca al paciente a la realización de ejercicio terapéutico cervical, que cumpla los criterios y recomendaciones de diseño de aplicaciones móviles para salud publicados, los criterios de accesibilidad y los criterios de diseño universal.

OE2 Comprobar la eficacia y adecuación del ejercicio terapéutico realizado con el exergame mediante un panel de expertos.

OE3 Comprobar si el uso del exergame mejora la adherencia al ejercicio terapéutico en casa mediante un ensayo clínico.

OE4 Comprobar la adecuación de la aplicación web para el registro y traslado de datos y su compatibilidad con el sistema utilizado en el Sistema Nacional del Salud (SNS).

3. METODOLOGÍA

El proyecto plantea el desarrollo de la aplicación móvil (App) y su adecuación y mejora en diferentes aspectos:

1. **Desarrollo tecnológico:** Se propone seguir el proceso de desarrollo tecnológico del prototipo siguiendo la metodología de Diseño Centrado en el Usuario (DCU), para adaptar la App a los criterios de diseño universal, criterios de diseño de Apps para salud, y adaptarla a diferentes dispositivos, mejorando así su usabilidad y su accesibilidad (**OE1**).
2. **Validación:** En cuanto a la validación, se plantea evaluar la adecuación de diseño y efectividad terapéutica (**OE2**), la mejora de la adherencia (**OE3**) y la adecuación del registro de datos de seguimiento del paciente (**OE4**).

Para ello, el proyecto se divide en diferentes paquetes de trabajo (WP) relacionados con los objetivos específicos (ver Figura 2).

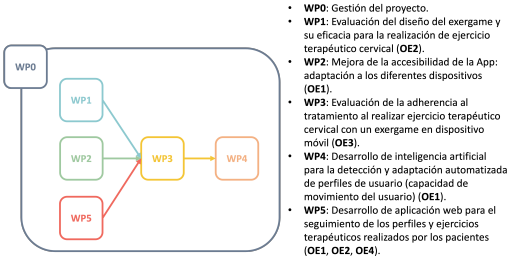


Figura 2: Estructura de los WP del proyecto.

4. UNA APLICACIÓN WEB PARA EL FISIOTERAPEUTA Y UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA EL PACIENTE

Se ha desarrollado una aplicación web para el fisioterapeuta siguiendo la metodología de DCU, con profesionales de la salud (fisioterapeutas) involucrados como los principales usuarios a lo largo de todo el proceso (**WP5**). El fisioterapeuta puede acceder a la información de seguimiento del tratamiento del paciente mediante una aplicación web similar a un software de gestión clínica (ver Figura 1c). Esta aplicación permite a los profesionales de la salud (1) controlar y monitorizar el progreso de sus pacientes y (2) configurar los ejercicios que deben realizar los pacientes, en función de su progreso. La monitorización, por parte del profesional, del rendimiento y la evolución del paciente al realizar los ejercicios, permite determinar el nivel de dificultad adecuado del exergame y evaluar la adherencia al tratamiento. Ambos aspectos contribuyen a la efectividad terapéutica de los ejercicios prescritos.

Respecto a la aplicación móvil, se ha desarrollado tanto para Apple como para Android (ver Figura 1b), para permitir su acceso al mayor número posible de personas, y se ha demostrado que su uso y efecto es independiente del tamaño de pantalla del dispositivo (**WP2**). La aplicación móvil ofrece una serie de ejercicios terapéuticos para la rehabilitación cervical, centrándose en el fortalecimiento, resistencia, movilidad y control motor, con el objetivo de mejorar el dolor, la funcionalidad y la movilidad en esta área. Tras una primera parte guiada, basada en vídeos que demuestran cómo realizar ejercicios de resistencia, estiramiento y flexibilidad, el paciente juega a un exergame (ver Figura 1a) cuyo método de interacción se basa en el seguimiento del movimiento cervical del paciente a través de la cámara del dispositivo (head-tracker); por lo tanto, requiere movimiento cervical y control motor por parte del paciente. Finalmente, hay una fase de enfriamiento, también basada en ejercicios mostrados en vídeos. Durante su ejecución, la aplicación recopila datos de cumplimiento de las sesiones y datos de seguimiento del paciente a través de los cuestionarios Neck Disability Index (NDI), para la función y discapacidad, y la Visual Analogue Scale (VAS), para el dolor.

5. ESTADO ACTUAL

A fecha de hoy, han concluido satisfactoriamente el **WP2** y el **WP5**. Actualmente, se está realizando el panel de expertos, para comprobar la eficacia y adecuación del ejercicio terapéutico realizado mediante el exergame (**WP1**) y se ha iniciado el desarrollo de la inteligencia artificial para la detección y adaptación automatizada de perfiles de pacientes (**WP4**). Una vez finalizados ambos WPs, se podrá iniciar el ensayo clínico para evaluar la adherencia al tratamiento mediante el exergame (**WP3**).

ACKNOWLEDGMENTS

Esta publicación es parte del proyecto de I+D+i TED2021-131358A-I00, financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033/ y por la "Unión Europea NextGenerationEU/PRTR".

REFERENCIAS

[1] Chih-Hsiu Cheng, Hao-Tsung Su, Ling-Wei Yen, Wen-Yu Liu, and Hsin-Yi Kathy Cheng. 2015. Long-term effects of therapeutic exercise on nonspecific chronic neck pain: a literature review. *Journal of Physical Therapy Science* 27, 4 (2015), 1271–1276. https://doi.org/10.1589/jpts.27.1271

[2] A.R. Gross, J.P. Paquin, G. Dupont, S. Blanchette, P. Lalonde, T. Cristie, N. Graham, T.M. Kay, S.J. Burnie, G. Gelley, C.H. Goldsmith, M. Forget, P.L. Santaguida, A.J. Yee, G.G. Radisic, J.L. Hoving, and G. Bronfort. 2016. Exercises for mechanical neck disorders: A Cochrane review update. *Manual Therapy* 24 (2016), 25–45. https://doi.org/10.1016/j.math.2016.04.005

PLEISAR

Experiencias Lúdicas con Agentes Sociales Interactivos y Robots: Aprendizaje Social y Comunicación Intergeneracional

Esperança Amengual-Alcover
eamengual@uib.es
Universitat de les Illes Balears
Palma, Illes Balears, Spain

José Maria Buades-Rubio
josemaria.buades@uib.es
Universitat de les Illes Balears
Palma, Illes Balears, Spain

Francisco José Perales-López
paco.perales@uib.es
Universitat de les Illes Balears
Palma, Illes Balears, Spain

Carina S. González-González
cjgonza@ull.edu.es
Universidad de La Laguna
La Laguna, Spain

Francisco Luis Gutiérrez-Vela
fgutierr@ugr.es
Universidad de Granada
Granada, Spain

Raquel Lacuesta Gilaberte
lacuesta@unizar.es
Universidad de Zaragoza
Teruel, Aragón, Spain

Eva Cerezo
ecerezo@unizar.es
Universidad de Zaragoza
Zaragoza, Aragón, Spain

ABSTRACT

El proyecto PLEISAR se centra en el desarrollo y la implementación de Agentes Sociales Interactivos para mejorar la comunicación y la interacción social entre adultos mayores y jóvenes, abordando desafíos como el aislamiento social, la soledad y la depresión en estos grupos. A través del uso de tecnologías como la inteligencia artificial, chatbots, asistentes virtuales y robots sociales, el proyecto busca proporcionar apoyo emocional, así como asistencia en tareas y experiencias lúdicas intergeneracionales. Una innovación clave es el enfoque en la co-creación y en la interacción afectiva, diseñando tecnologías que, no solo son accesibles y personalizadas, sino que también fomentan vínculos emocionales y mejoran la aceptación tecnológica. Además, el proyecto aborda el edadismo y la discriminación en el acceso tecnológico, promoviendo una sociedad más inclusiva a través de experiencias de juego compartidas entre generaciones.

CCS CONCEPTS

Human-centered computing~Human computer interaction (HCI)~Empirical studies in HCI

KEYWORDS

agentes sociales interactivos, robots sociales, edadismo.

1 Contextualización

El proyecto PLEISAR incluye la colaboración de varias universidades: la Universidad de Zaragoza (UZ), la Universitat de les Illes Balears (UIB) y la Universidad de Granada (UGR) junto con la Universidad de La Laguna (ULL).

En el proyecto se aborda la creciente necesidad de desarrollar tecnologías accesibles para los adultos mayores frente al aumento demográfico de esta población, Según la World Health Organization, en 2025 la población mundial de personas de 60 años o más se duplicará (2.100 millones) y se espera que el número de personas de 80 años o más se triplique entre 2020 y 2050, hasta llegar a 426 millones. Este segmento de la población, no solamente tiene que afrontar enfermedades crónicas y discapacidades, sino que también se tiene que enfrentar a problemas de aislamiento, soledad y discriminación por edad. La tecnología ha demostrado ser una herramienta útil para abordar sus crecientes necesidades de cuidado, aunque los desafíos de la brecha digital y la aceptación de estas tecnologías persiste [1, 2, 3]. La co-creación, es decir, el diseño de la tecnología con la participación activa de los adultos mayores, es fundamental para desarrollar sistemas que resulten, no solamente accesibles, sino también utilizables y disfrutables. Además, el entretenimiento digital diseñado para grupos intergeneracionales puede combatir el aislamiento y prevenir la discriminación por edad, contribuyendo a una sociedad más inclusiva. El aislamiento y la soledad no solo afectan a los adultos mayores, sino también a otros grupos de edad, como los jóvenes.

2 Áreas de trabajo

Para mejorar la experiencia y efectividad de estos sistemas, se han propuesto diversas tecnologías que facilitan y hacen más natural la interacción con la tecnología. Entre éstas, los Agentes Sociales Interactivos (ASIs) juegan un papel crucial. Estos agentes, ya sean virtuales (agentes conversacionales) o físicos (robots), comparten la capacidad de comunicarse autónomamente con personas y con otros agentes, de manera socialmente inteligente mediante canales multimodales. Los robots asistenciales sociales, que se enfocan en asistir a usuarios a través de interacciones sociales en lugar de físicas, pueden ayudar a las personas a alcanzar sus objetivos de salud, entretenimiento o educación, entre otros.

El proyecto PLEISAR se enfoca en el diseño de ASIs para combatir problemas de interacción social y comunicación, tanto

en adultos mayores como en jóvenes, y en promover la comunicación intergeneracional. Se pone especial énfasis en el desarrollo de sistemas personalizados que consideren las diversas capacidades cognitivas y físicas de los adultos mayores, así como su género y personalidad. La interacción afectiva, basada en la detección, generación y exhibición de emociones, es crucial tanto para crear vínculos emocionales e incrementar la aceptación tecnológica, como para la aplicación de técnicas de co-creación. En el proyecto se consideran diferentes áreas de trabajo que se exponen en los párrafos siguientes.

Los asistentes virtuales han demostrado ser de gran ayuda para integrar y mantener activas a las personas mayores, facilitando diversas tareas diarias. La experiencia de los grupos de investigación con agentes virtuales interactivos y robots sociales indica el potencial de estas tecnologías para apoyar a los adultos mayores en varias áreas de funcionamiento, aunque también se señala que pueden agregar vulnerabilidades psicológicas.

En el campo de la Interacción Humano-Robot (IHR) los robots asistenciales tienen como objetivo ayudar a las personas física, mental o socialmente, enfatizando la interacción cercana con las personas, incluidas aquellas con necesidades especiales. En esta área de trabajo se destacan los desafíos en IHR, como fomentar interacciones sociales efectivas mediante la computación cognitiva y emocional y las interacciones naturales.

A medida que los agentes se utilizan en entornos domésticos y sociales, su capacidad para interactuar con los humanos, de manera similar a la interacción humana, se vuelve cada vez más relevante. Se necesitan sistemas que reconozcan las emociones de los usuarios y los agentes deben ser capaces de elegir y expresar respuestas emocionales óptimas.

La Interacción Humano-Agente (IHA) se centra en el desarrollo de sistemas que permiten a los humanos interactuar con agentes artificiales. La co-creación y el diseño participativo son metodologías valiosas para incorporar a los usuarios en los procesos de diseño, amplificando voces que a menudo no se escuchan en el diseño tecnológico y empoderando a los usuarios como contribuyentes significativos al diseño.

Los ASIs también pueden resultar de gran utilidad para combatir problemas de comunicación e interacción social en adultos mayores y jóvenes. En los jóvenes se investiga su impacto para proveer apoyo emocional y mejorar las habilidades sociales. Para los adultos mayores, los ASIs ofrecen compañía, apoyo emocional y asistencia en tareas, mostrando potencial para reducir la soledad y aumentar el compromiso social. A pesar de estos avances, la efectividad de los ASIs en la mejora del bienestar emocional y social requiere más investigación, especialmente para adaptar estas tecnologías a las necesidades específicas de cada grupo de edad.

Finalmente, los ASIs también pueden combatir el edadismo y la discriminación en el acceso tecnológico a través del juego intergeneracional. La discriminación por edad puede resultar una barrera para la inclusión digital de los adultos mayores. Para ello proponemos el juego conjunto entre generaciones como solución. Los estudios muestran que esta aproximación mejora las percepciones y relaciones entre jóvenes y mayores, utilizando robots sociales para facilitar interacciones significativas. El objetivo es diseñar y evaluar experiencias de juego que contribuyan a una sociedad más inclusiva y libre de prejuicios por edad.

3 Conclusiones

La novedad principal del proyecto PLEISAR radica en su enfoque integrado y multidisciplinario para abordar problemas de interacción social y comunicación tanto en adultos mayores como en jóvenes, con especial atención en promover la comunicación intergeneracional. Este proyecto se distingue por su énfasis en el desarrollo de sistemas personalizados que consideran las capacidades cognitivas y físicas diversas de los adultos mayores. Una característica innovadora es la interacción afectiva basada en la detección, generación y exhibición de emociones, crucial para crear lazos emocionales, aumentar la aceptación tecnológica, y aplicar técnicas de co-creación e inteligencia artificial.

Una de las contribuciones significativas de PLEISAR es su esfuerzo por hacer que la interacción entre las personas y los ASIs sea natural y accesible para todos, utilizando herramientas que faciliten tanto el diseño de la Interacción Humano-Agente como el comportamiento personalizado de los agentes en relación con los entornos sociales a los que están expuestos. Este enfoque se complementa con la aplicación de metodologías de co-creación, que permiten diseñar no solo para, sino con grupos intergeneracionales, introduciendo a las generaciones mayores en el mundo de los ASIs de la mano de las generaciones más jóvenes y acercándolas a sus beneficios potenciales.

El proyecto propone un avance significativo en la utilización de ASIs para combatir el aislamiento social y promover el bienestar emocional y social a través de experiencias lúdicas basadas en la interacción afectiva y la participación activa de los usuarios en el proceso de diseño. Este enfoque holístico hacia la creación de tecnologías inclusivas y emocionalmente inteligentes representa un paso adelante en la forma en que interactuamos con los agentes artificiales, abordando necesidades sociales críticas a través de la innovación tecnológica.

ACKNOWLEDGMENTS

Esta publicación es parte del proyecto PID2022-136779OB financiado por MCIN/ AEI /10.13039/501100011033/ y por FEDER Una manera de hacer Europa

REFERENCES

[1] Robinson, B. MacDonald, N. Kerse, and E. Broadbent (2013). "The psychosocial effects of a companion robot: a randomized controlled trial," Journal of the American Medical Directors Association, vol. 14, no. 9, pp. 661–667.

[2] Ostrowski, A. K., Park, H. W. and Breazeal, C. (2020) "Design Research in HRI: Roboticists, Design Features, and Users as Co-Designers," in Workshop on Designerly HRI Knowledge.

[3] Siegel M, Breazeal C, Norton MI (2009) "Persuasive robotics: The influence of robot gender on human behavior". In: 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 2563–2568, DOI 10.1109/IROS.2009.5354116.

Tecnología educativa interactiva: Desarrollo participativo de juegos para la educación Infantil.

Romina Abeldaño
INCO, Universidad de la República
Montevideo, Uruguay
rominaabeldanods@gmail.com

Fernando González Perilli
FIC - CICEA, Universidad de la República
Montevideo, Uruguay
fernando.gonzalez@fic.edu.uy

Emilia Casaravilla
FIC, Universidad de la República
Montevideo, Uruguay
emilia.casaravilla@fic.edu.uy

Marcos Giménez
FIC, FARTES, Universidad de la República
Montevideo, Uruguay
marcos.gimenez@fic.edu.uy

RESUMEN

Este artículo presenta la investigación desarrollada por nuestro equipo, explorando las posibilidades de apropiación por parte de educadoras de dos innovadores juegos educativos en modalidad de interacción con Interfaces de Usuario Tangibles (IUT) [1]: JO, centrado en lectoescritura, y Bruno, en matemáticas. Los dispositivos de interacción tangible creados se adaptan a las tabletas y laptops utilizadas en el sistema de educación pública de nuestro país. Con el fin de promover la adaptación de los juegos al trabajo de aula, ambas aplicaciones fueron desarrolladas mediante diseño participativo, en colaboración con maestras y niños considerando las necesidades específicas de los grupos de primer año de escuela. Además, el diseño pedagógico de los juegos se basó en teorías acerca de la eficacia de los manipulables en la enseñanza de la lectura y matemática.

Por otra parte, el diseño de materiales se orientó a la producción de elementos de bajo coste con el fin de asegurar la escalabilidad del proyecto.

En este artículo, describimos el trabajo realizado por nuestro equipo explorando las posibilidades de apropiación de estos dispositivos considerando las oportunidades de adopción de las IUT provenientes de la inclusión material concreto.

CONCEPTOS CCS

• Human-centered computing → Interaction devices;

• Social and professional topics → Children.

PALABRAS CLAVE

Juegos educativos - JO, Bruno - Lectoescritura - Matemáticas - Tecnología Educativa - Diseño Participativo - Manipulables

ACM Referencias:

R. Abeldaño, F. González Perilli, E. Casaravilla y M. Giménez. Tecnología educativa interactiva: Desarrollo participativo de juegos para la educación Infantil. *Avances en interacción y usabilidad. Interacción'24, Junio 19-21, 2024. A Coruña, España.*

1 INTRODUCCIÓN

En el ámbito educativo, la integración de tecnología ha transformado la forma en que se enseña y aprende. Con la creciente presencia de dispositivos en el aula, surge la necesidad de abordar los problemas de apropiación por parte de las educadoras, ya que la tecnología puede no utilizarse de manera efectiva o no satisfacer las necesidades educativas [2]. En este sentido las IUT representan una oportunidad, ya que permiten el empleo de manipulables físicos, los que están presentes de manera frecuente en las pedagogías empleadas por las maestras.

Por otra parte, existen múltiples evidencias de beneficios manipulables para el aprendizaje de distintos contenidos, principalmente en edades tempranas.

Por ejemplo, un estudio reciente [3] destaca la eficacia de los manipulables en la enseñanza de la lectura, especialmente en la mejora de habilidades fonológicas y de decodificación en niños con riesgo de fracaso en la lectura.

Otro estudio [4], resalta el impacto positivo de los manipulables tangibles en el aprendizaje matemático, especialmente en la mejora de las habilidades de composición numérica y la comprensión de conceptos básicos.

Considerando esta fundamentación teórica, así como la preferencia de las maestras de edades tempranas por el empleo de material físico, nuestro equipo de investigación se propuso explorar la posibilidades de las IUT para promover la apropiación de tecnología educativa en las aulas.

2 METODOLOGÍA

Utilizando el enfoque del diseño participativo, el proceso de implementación de JO y Bruno involucró talleres interactivos y sesiones de diseño con tres maestras de primer grado y una maestra de preescolar. Se realizaron tres encuentros preparatorios con cada educadora, actividades de aula y reuniones de cierre. Estas actividades dieron lugar al desarrollo de actividades educativas en conjunto con las docentes. Esta colaboración permitió adaptar los juegos a las necesidades específicas del aula, garantizando su relevancia y efectividad.

3 CETA

Las aplicaciones educativas fueron diseñadas para funcionar con CETA un dispositivo de IUT, lo que permite una interacción táctil que resulta especialmente efectiva para niños en edad preescolar y de primeros grados de escuela.

3.1 Juego de lectoescritura JO

JO se diseñó para promover la conciencia fonológica y mejorar habilidades como el reconocimiento de letras, vocabulario y comprensión de lectura, A través de actividades interactivas, los niños pueden practicar estas habilidades de manera lúdica, fomentando así un ambiente de aprendizaje positivo y motivador. Durante el desarrollo de JO, se realizaron sesiones de prueba en el aula donde los niños y maestros proporcionaron retroalimentación sobre la jugabilidad y la efectividad del juego (vea Figura 1).

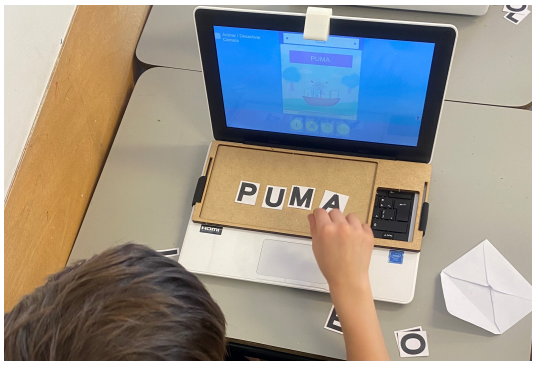


Figura 1: Niño interactuando con el juego JO.

3.2 Juego de matemáticas Bruno

Bruno se centra en enseñar conceptos y habilidades que son precursores de la matemática básica, como contar, reconocer números y realizar operaciones simples en la línea numérica. A través de actividades atractivas y desafiantes, los niños pueden desarrollar su competencia matemática de manera gradual y divertida (vea Figura 2). Durante la implementación en el aula, se observó una mayor participación y entusiasmo por parte de los estudiantes, lo que sugiere un impacto positivo en su aprendizaje.

Figura 2: Niño interactuando con el juego Bruno

4 AVANCES

Por medio de actividades participativas, fue posible diseñar actividades de clase que integraran la tecnología de manera fluida. Estas actividades estuvieron adecuadas a las currículas, preferencias pedagógicas y competencias tecnológicas de las maestras, quienes mostraron una gran satisfacción con la experiencia.

Para el futuro, planeamos continuar mejorando y expandiendo JO y Bruno mediante la integración de nuevas funcionalidades y actividades que enriquezcan la experiencia educativa de los niños. Si bien, el diseño participativo nos permitió adaptar nuestras propuestas a los entornos de uso de manera efectiva, hemos identificado la necesidad de llevar a cabo investigaciones más exhaustivas para comprender mejor la viabilidad de que estas herramientas sean utilizadas de manera sostenida en el tiempo. Esto implicará explorar cómo los juegos se integran en los currículos escolares y cómo se utilizan en la práctica diaria del aula. Estas investigaciones más amplias nos proporcionarán una visión más clara de cómo JO y Bruno pueden contribuir de manera significativa al aprendizaje a largo plazo de los estudiantes. De este modo, esperamos contribuir a comprender cómo las IUT pueden brindar posibilidades extraordinarias para promover la apropiación de tecnología educativa.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a las maestras, niños y autoridades de las escuelas por su valiosa colaboración y apoyo en este estudio.

REFERENCIAS

[1] Hiroshi Ishii and Brygg Ullmer. 1997. Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces Between People, Bits and Atoms. In Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI ’97), 234–241.

[2] Nicholson, Rebecca., Tom Bartindale., Ahmed Kharrufa , David Kirk, & Caroline Walker-Gleaves, C. (2022). Participatory Design Goes to School: Co-Teaching as a Form of Co-Design for Educational Technology. In Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems.

[3] Paige Cullen Pullen and Holly B. Lane . (2016). Hands-On Decoding: Guidelines for Using Manipulative Letters.

[4] Ana Cristina Pires, Fernando González Perilli, Ewelina Bakała, Bruno Fleisher, Gustavo Sansone, Sebastián Marichal.(2019). Building blocks of mathematical learning: Virtual and tangible manipulatives lead to different strategies in number composition. En Frontiers in Education (p. 81). Frontiers.

Indice de autores

Índice de autores

Adrián Callejo Vázquez 41
Adriane Borda 48
Afra Pascual-Almenara 28
Alberto Chaves 30
Alberto Díaz 30
Alberto Gaspar Vilallba 85
Alberto Gaspar 143
Alberto Hitos García 100
Alejandro Catalá 129, 149
Alejandro Fernández de Córdoba 4
Alejandro Panagiotidis 21, 4
Alicia García-Holgado 45
Amaia Beitia 71
Amaia Etxabe 71
Ana Cristina Blasco 141
Ana de Los Reyes-Guzmán 108
Ana Isabel Molina Diaz 77
Andrea Vázquez-Ingelmo 45
Angel Francisco Sanchez Granados 133
Angela Diaz-Redondo 57
Angelo Vaiano Filetti 94
Antonio Aguelo 141
Antonio Díaz Estrella 47
Antonio Fernández-Caballero 120
Arantxa González-de-Heredia López-de-Sabando 71
Arturo Simón García Jiménez 120
Asier Marzo 135, 31
Barbara Corsetti 66
Beatriz Marco 12
Belén Luna Lorente 116
Belén Ruiz-Mezcua 131, 57
Blanca Abril González 16
Buades Rubio Jose Maria 117, 20
Carina S. González-González 153
Carlos Glez-Morcillo 125
Carlos Gracia 12
Carmen Lacave Rodero 77
Cecilia Sanz 139
César Domínguez 96
César González-Ferreras 58
Covadonga Rodrigo 32, 76
Cristina Manresa-Yee 117, 40
Daniel Blanco 32
David Contreras 65
David Escudero-Mancebo 58
David Vallejo 125
Diana Gadzhimusieva 52

Dolores Llidó 149
Emilia Casaravilla 155
Esperança Amengual Alcover 153, 97
Eusebio Angulo 108
Eva Cerezo Bagdasari 48
Eva Cerezo 12, 141, 153
Ewelina Bakala 127
Fco. Javier González Cañete 47
Felipe Costa-Tebar 118
Felix A. Marco 118
Fernando Gonzalez 155
Fernando Medina 65
Francesc Xavier Gaya Morey 117
Francisco Iniesto 32, 76
Francisco J. Perales 145
Francisco José García-Peñalvo 45
Francisco José Perales López 153
Francisco Jose Perales 20
Francisco Luis Gutiérrez Vela 100, 26, 153
Gabriel Fuertes Muñoz 67
Gabriel Sebastián Rivera 118
Gadea Mata 96
Gonzalo Lorenzo Lledó 52
Gonzalo Tejera 127
Guillermo Vicente-Oliva 58
I. Scott MacKenzie 119
Iñigo Ezcurdia 135, 31
Iosune Salinas-Bueno 119, 151
Iosune Sarasate 31
Ismael Guzman-Colomina 131
Israel Gonzalez-Carrasco 131, 56
Jaime Urquiza-Fuentes 133
Javier Albusac 108
Javier Alonso Albusac 125
Javier Gómez García 118
Javier Holgueras-Crespo 131
Javier Jiménez-Honrado 118
Javier Sanchis 138, 21, 4
Javier Varona 119, 151
Jeferson Arango Lopez 26
Jesús Gallardo Casero 67
Jesús Gallardo 12
Jesús Martínez 12
Jesus Presedo 149
Joan Josep Ordoñez 20
Johnny Alexander Salazar Cardona 26
Jordi Roig Marcelino 28
Jorge Visca 127
Jose A. Gallud 118
José Antonio Macías Iglesias 41
José Ignacio Panach Navarrete 143, 85
José Jesús Castro-Schez 108, 125

Jose Luis López Rodríguez 47
Jose Luis Lopez-Cuadrado 131, 56
Jose M. Alonso-Moral 129, 149
José Manuel Masiello Ruiz 57
Jose Maria Buades Rubio 153
Jose Maria Buades 145
José Pascual Molina Massó 120
Juan Antonio Holgado Terriza 100
Juan Trujillo 138, 21, 4
Julian Flores 29
Laura Morales Caro 77
Leonardo Ramos Thomas 98
Lledó Museros 149
Lluc Massaguer 95
Lorenzo Mas Reina 151
Lourdes Moreno 57, 66
Lucas Brandão Ceroni 94
Lucia Abril González 16
Lucía Polo Martínez 116
Luis Pedraza 29
Mª Ángeles Garrido 141
Marco Javier Gómez Martínez 120
Marcos Gimenez 155
Maria Amelia Eliseo 94
María D. Lozano Pérez 116
Maria Francesca Roig-Maimó 119, 151, 97
María Pascale 127
Maria Salamo 65
Maria Teresa Arbós-Berenguer 151
Marina Maciá 21, 4
Mario Perez-Enriquez 131, 56
Marlon Cárdenas 98
Matías Amor 30
Mauricio Oyanedel 65
Mayra Vanessa Alvear Gallon 96
Miguel A. Teruel 138, 21, 4
Miguel Vidal-Coll 40
Miquel Mascaró-Oliver 97
Miquel Sànchez-Marrè 65
Mireia Ribera 28
Miriam Gil Pascual 85
Miriam Gil 143
Naroa Iriarte 135
Natalia Albaladejo-Blázquez 138
Nelly Condori-Fernández 149
Nicolás Ruiz-Robledillo 138
Nuria Medina Medina 16
Pablo García-Segarra 129, 149
Paloma Martínez Fernández 57
Patricia Fernández Sotos 120
Patricia Paderewski Rodríguez 100
Patricia Paderewski 26

Pau Martínez-Bueso 151
Paula Hernández-García 45
Paulo Félix 149
Pedro Henrique Camargo França 94
Rafael Berlanga 129, 149
Ramon Mas-Sansó 119, 151, 97
Raquel Hervás 30, 66
Raquel Lacuesta Gilaberte 153, 67
Raquel Lacuesta 12, 20
Roberto Theron 45
Roi Méndez 29
Romina Abeldaño 127, 155
Rosario Ferrer-Cascales 138
Rubén Alcaraz-Martínez 28, 95
Rubén Arenas 29
Sandra Baldassarri 139, 48
Santiago Hitta 127
Santiago Meliá Beigbeder 52
Santiago Schez-Sobrino 125
Sergio Martínez-Cid 125
Silvia Ramis Guarinos 20
Silvia Ramis 145
Sonia Elizondo 31
Stefan Donkov 31
Susana Bautista Blasco 98
Teresa Coma-Roselló 141
Unai Fernandez 135
Valentín Cardeñoso-Payo 58
Vanesa Herrera 108
Verónica Artola 139
Verónica Romero Gómez 143, 85
Vicent Santamarta 129, 149
Víctor M. Ruiz Penichet 116
Víctor Ruiz 30
Xabier Olaz 135
Zoe Falomir 129