

INTERACCIÓN

Revista Digital de **AIPO**

Asociación Interacción Persona-Ordenador

Vol. 3, No 2 (2022)

Comité Editorial

ISSN electrónico: 2695-6578

Editado en: Asociación Interacción Persona-Ordenador (AIPO)
C/ María de Luna, 1, Universidad de Zaragoza, Departamento
de Informática e Ingeniería de Sistemas, edificio Ada Byron,
50018 – Zaragoza,
aipo@aipo.es

Año de edición: 2022

Editores: Lourdes Moreno
Universidad Carlos III de Madrid

Cristina Manresa Yee
Universitat de les Illes Balears

Publicado por: Asociación Interacción Persona-Ordenador (AIPO)
C/ María de Luna, 1, Universidad de Zaragoza, Departamento
de Informática e Ingeniería de Sistemas, edificio Ada Byron,
50018 – Zaragoza,
aipo@aipo.es

Equipo editorial

Julio Abascal, Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea
Diana Arellano, ACM SIGGRAPH Diversity and Inclusion Committee y Mackevision
Sandra Baldassarri, Universidad de Zaragoza
Federico Botella, Universidad Miguel Hernández de Elche
César Collazos, Universidad del Cauca, Colombia
Raquel Hervás Ballesteros, Universidad Complutense de Madrid
Rosa Gil, Universitat de Lleida
Toni Granollers, Universitat de Lleida
Francisco Gutiérrez, Universidad de Granada
Luis Leiva, University of Luxembourg
José Antonio Macías, Universidad Autónoma de Madrid
José Ignacio Panach, Universitat de València
Pere Ponsa, Universitat Politècnica de Catalunya
Arcadio Reyes Lecuona, Universidad de Málaga

Revisores adicionales en este número

Francisco Javier Álvarez, Universidad Autónoma de Aguascalientes (México)
Rodrigo Alarcón, Universidad Carlos III de Madrid (España)
Javier Artero, Universidad de Málaga (España)
Susana Bautista Blasco, Universidad Francisco de Vitoria (España)
Sandra Cano Mazuera, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Chile)
Jaime Díaz Arancibia, Universidad de La Frontera (Chile)
Julián Flores González, Universidad de Santiago de Compostela (España)
Dolores Furio Vita, Universidad Politécnica de Valencia (España)
Francisco José García Peñalvo, Universidad de Salamanca (España)
Juan Enrique Garrido, University of Lleida (España)
Carina González González, Universidad de La Laguna (España)
Ferran Lega Lladós, Universitat de Lleida (España)
Begoña Losada, Universidad del País Vasco (España)

Víctor López-Jaquero, Universidad de Castilla la Mancha (España)
María Dolores Lozano Pérez, Universidad de Castilla la Mancha (España)
Huizilopoztli Luna-García, Universidad Autónoma de Zacatecas (México)
Asier Marzo, Universidad Pública de Navarra (España)
Blanca Montalvo, Universidad de Málaga (España)
José Pascual Molina, Universidad de Castilla-La Mancha (España)
Patricia Paderewski, Universidad de Granada (España)
Victor Peñeñory, Universidad de San Buenaventura (Colombia)
Wilson Sarmiento, Universidad Militar Nueva Granada (Colombia)
Pablo Vera, Universidad Nacional de la Matanza (Argentina)

Preámbulo

Los sistemas interactivos influyen en todos los aspectos de la vida de las personas, asistimos a una continua evolución de los paradigmas clásicos de interacción a nuevas formas de interactuar, es esencial investigar y compartir el conocimiento de estos paradigmas emergentes. Con este espíritu trabaja la Asociación Interacción Persona-Ordenador (AIPO) desde hace 20 años.

La revista Interacción, revista digital de la Asociación Interacción Persona-Ordenador (AIPO), nace con este número 1 con el objetivo de difundir el conocimiento de la Interacción Persona-Ordenador (IPO) y servir de vínculo entre los científicos y profesionales que desarrollen actividades en este ámbito, y con la finalidad de potenciar la transferencia de sus resultados a la sociedad.

La IPO es un campo de investigación multidisciplinario, por ello, la revista presenta contribuciones del ámbito de la Informática como: usabilidad, el diseño centrado en el usuario, accesibilidad, experiencia de usuario, juegos serios, computación ubicua, realidad aumentada, realidad virtual, computación móvil y desarrollo de interfaces de usuario, pero además, se quiere fortalecer la publicación de trabajos de investigación en áreas de diseño industrial, robótica, psicología, etc. relacionadas con la IPO.

Esta revista se distribuye a todos los socios, así mismo, se defiende que su publicación sea de acceso abierto que fomente el avance del conocimiento científico a disposición de todos, por ello su contenido es libremente accesible por Internet.

La revista Interacción selecciona los artículos para publicar en un sistema de revisión por pares, doble ciego, siguiendo las buenas prácticas de las revistas académicas. Es una revista enfocada a la comunidad en España e Iberoamericana y publica artículos en español. Interacción se publica en formato exclusivamente digital, con una periodicidad semestral, publicándose dos números al año. La llamada de artículos está abierta todo el año.

Resumen del Volumen 3, Número 2:

En este número se cuenta con la inestimable colaboración del investigador José Cañas a través de un Artículo Invitado, además se incluyen tres secciones. En la Sección General se incluyen dos artículos de investigación: uno de ellos del área de la accesibilidad y Procesamiento de Lenguaje Natural, y un segundo del área del Arte e IPO.

La Sección Especial presenta un compendio de diez artículos relevantes con investigaciones novedosas en el área de la IPO resultado de artículos extendidos del congreso “Interacción 2022”. Los editores invitados de esta valiosa Sección Especial son Jesús Gallardo, Sergio Albiol, Sandra Baldassarri, Silvia Mª Hernández, Raquel Lacuesta y Arcadio Reyes-Lecuona. Además, se presenta una sección de Grupos de investigación, siguiendo la continuidad de esta sección en la revista que incluye dos contribuciones.

Nuestro agradecimiento a los editores invitados, a todos los autores por su contribución, así como en las labores de revisión a todos los revisores implicados.

Lourdes Moreno y Cristina Manresa Yee
Editoras de Interacción, Revista digital de AIPO

Tabla de contenidos

Artículo Invitado.....	7
De la interacción con máquinas a la colaboración con agentes inteligentes	
<i>José Cañas</i>	8
Sección General.....	21
SUPER, una aplicación para mejorar la accesibilidad cognitiva de micropoemas	
<i>Mari Carmen Suárez-Figueroa, Isam Diab y Anabel Martín</i>	22
La creación del arte de luz atmosférico fundamentada en la vinculación cuerpo-ordenador	
<i>Imanol Sánchez Díez.....</i>	38
Sección Especial: Interacción 2022.....	52
Editorial Interacción 2022	
<i>Jesús Gallardo, Sergio Albiol, Sandra Baldassarri, Silvia M. Hernández, Raquel Lacuesta y Arcadio Reyes-Lecuona</i>	53
Sobre el reconocimiento de emociones y la precisión de los clasificadores	
<i>Maria Francesca Roig-Maimó, Miquel Mascaró-Oliver, Esperança Amengual-Alcover y Ramon Mas-Sansó.....</i>	55
Clasificación de los tipos de jugadores en la población adulta mayor en sistemas basados en juego	
<i>Johnny Salazar Cardona, Francisco Gutiérrez Vela, Jeferson Arango López y Patricia Paderewski</i>	67
Objetivos de juego y motivadores en sistemas basados en juego	
<i>Juan Antonio Trillo Manzano, Francisco L. Gutiérrez Vela y Patricia Paderewski Rodríguez</i>	78
Análisis emocional para el bienestar de los ancianos en el proceso de interacción	
<i>Javier Navarro-Alamán, Raquel Lacuesta, Iván García-Magariño y Silvia Hernández Muñoz</i>	90
Co-CIAT: Un Entorno para el Modelado Colaborativo en Notación CIAN	
<i>Yoel Arroyo, Ana Isabel Molina y Miguel Ángel Redondo</i>	99
Diseño y desarrollo de una obra de arte electrónico para visión periférica: Imagen imperfecta 2.0	
<i>Blanca Montalvo Gallego, Javier Artero Flores y Alberto Cajigal García.....</i>	112
Construir modelos de reconocimiento de la actividad simple humana mediante simulaciones 3D basadas en agentes	
<i>Marlon Cárdenas Bonett y Susana Bautista</i>	119

Efectos de las condiciones ambientales en la aceptación tecnológica de los vehículos autónomos a partir de un enfoque de simulación: Diseño preliminar de investigación

Tatiana Ortegon Sarmiento, Patricia Paderewski, Francisco Gutiérrez-Vela, Souso Kelouwani y Álvaro Uribe-Quevedo 128

Desarrollo y evaluación de un simulador de RV para la valoración obstétrica de cérvix y fontanelas

Carolina Ordoño López, José Pascual Molina Massó y Ana Belén García Bravo 137

Catálogo de Patrones de Mecánicas y Elementos de Juego para Experiencias de Juego Sociales Pervasivas

Ramon Valera-Araguren, Patricia Padereski-Rodríguez, Francisco Gutiérrez Vela y Jeferson Arango-López 149

Sección Especial: Grupos de investigación 161

Grupo de Investigación Tecnologías Interactivas - TectInt

Valéria F. Martins, Ana Grasielle D. Correa, Bruno S. Rodrigues, Daniela V. Cunha, Pedro H. C. Braga, Joaquim Pessoa Filho, Antonio L. Basile, Ismar F. Silveira, Cibelle Amato, Maria Amélia Eliseo y Cesar A. Collazos..... 162

Actividad en el ámbito de la Interacción Persona-Ordenador de un equipo de trabajo integrado en el grupo de investigación MCFLAI

Santos Bringas, Sergio Salomón, Camilo Palazuelos, José Luis Montaña y Rafael Duque 166

Artículo invitado

De la interacción con máquinas a la colaboración con agentes inteligentes

From interaction with machines to collaboration with intelligent agents

José J. Cañas

CIMCYC (Centro de Investigación

Mente, Cerebro y Comportamiento)

Universidad de Granada

Granada, Andalucía, España

delagado@ugr.es

Recibido: 06.12.2022 | Aceptado: 06.12.2022

DOI: <https://doi.org/10.65234/interaccion.80>

Palabras Clave

Interacción Ser Humano-
Máquina
Colaboración Ser Humano-
Inteligencia Artificial
Inteligencia Artificial
Modelos Mentales
Apoyo por ordenador al trabajo
en equipo colaborativo
Antropomorfismo

Resumen

En las actividades humanas, las máquinas han sido tradicionalmente consideradas herramientas con las que los sujetos de estas actividades interactúan. Por ello, en el diseño de las máquinas se ha tenido en cuenta el diseño de esa interacción y de las interfaces donde esa interacción tiene lugar. Sin embargo, la introducción de la inteligencia artificial en las máquinas supone que empezemos a considerar a éstas como otros sujetos que colaboran con los sujetos humanos en la realización de la actividad. Por esta razón, debemos de empezar a hablar del diseño de la colaboración con las máquinas en lugar de la interacción con ellas. Este cambio de conceptualización del diseño de máquinas supondrá una nueva mirada a la Psicología científica para que ésta aporte sus conocimientos sobre como los seres humanos colaboramos. Ya no se trata de diseñar las interfaces de las máquinas para que éstas se ajusten a las características humanas, ahora se trata de diseñar a las máquinas para que éstas comprendan a los seres humanos con los que colaboran y éstos las vean como seres inteligentes similares a los seres humanos. Tendremos que dejar de hablar sólo de diseño de interfaces para hablar también de colaboración con agentes inteligentes.

Keywords

Human-Machine Interaction
Human-Artificial Intelligence
collaboration
Artificial intelligence
Mental Models
Computer Supported
Collaborative Work
Anthropomorphism

Abstract

In human activities, machines have traditionally been considered tools with which the subjects of these activities interact. For this reason, in the design of the machines we have taken into account the design of that interaction and of the interfaces where that interaction takes place. However, the introduction of artificial intelligence in machines means that we should begin to consider them as other subjects that collaborate with human subjects in carrying out the activity. For this reason, we should start talking about the design of collaboration with machines instead of interaction with them. This change in the conceptualization of machine design will mean a new look at scientific psychology so that it contributes its knowledge about how human beings collaborate. It is no longer about designing the interfaces of the machines so that they conform to human characteristics, now it is about designing the machines so that they understand the human beings with whom they collaborate, and they see them as intelligent beings similar to humans. We will have to stop talking only about interface design to talk also about collaboration with intelligent agents.

1. El papel de las máquinas en las actividades humanas en la visión tradicional de la interacción Persona-Máquina

Tradicionalmente, el papel que las máquinas tienen en la vida humana se ha analizado en el marco del concepto de *actividad*. Este concepto fue propuesto dentro de la tradición de la Psicología Soviética como parte de lo que se conoce como la Teoría de la Actividad (Leotiev, 1977). Esta teoría se caracteriza fundamentalmente por su focalización en los efectos socio-culturales sobre el pensamiento y la acción humanos, así como por su fundamentación en el pensamiento materialista en lugar del pensamiento idealista. Los conceptos introducidos por la Teoría de la Actividad suponen un cambio de perspectiva de lo individual a lo colectivo y son útiles para estructurar una situación compleja donde las personas cooperan unas con otras y utilizan herramientas.

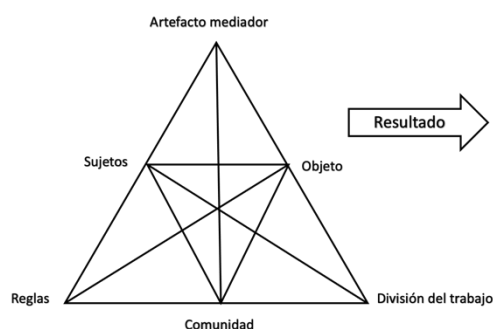


Figura 1: Los componentes de la actividad según la Teoría de la Actividad (Leotiev, 1977)

En la Figura 1 se pueden ver los componentes de la actividad humana y las relaciones entre ellos según esta teoría. En esta teoría se parte de que toda actividad tiene un objeto sobre el que un sujeto actúa para alcanzar un objetivo. Este objeto es el problema, la situación y el foco de la actividad. Por su parte, el sujeto de la actividad es el agente que actúa sobre el objeto, pero *un sujeto puede ser una persona individual o un grupo de personas*. La interacción entre el sujeto y el objeto significa que el sujeto transforma al objeto mientras que éste influencia la conducta del sujeto. Y esa interacción ocurre en un contexto y siguiendo las motivaciones del sujeto. Toda actividad está regida explícita o implícitamente por unas reglas y normas que determinan cuales son las conductas apropiadas. Estas reglas y normas son definidas por una comunidad de individuos o grupos que pueden tener diferentes objetos y objetivos parciales pero que interactúan entre ellos para alcanzar un objetivo global. Este concepto de comunidad es el que permite entender lo que ocurre en una situación como una fábrica donde tenemos un grupo de sujetos que actúan cada uno sobre un objeto diferente interactuando entre ellos con un

fin común. Las normas y las reglas también definen cuales son las divisiones de las tareas o trabajos en una comunidad o en la sociedad.

Finalmente, tenemos a los artefactos o máquinas que en la teoría clásica son considerados como “mediadores” entre el sujeto y el objeto. Pensemos en un ejemplo que nos puede ayudar a entender el rol de mediador que el artefacto o máquina juega en la teoría clásica: un arado para arar la tierra. El sujeto sería el agricultor y el objeto sería la tierra. En esta actividad el arado sería un mediador entre el sujeto y el objeto. Desde que el ordenador apareció como un componente de la actividad humana éste fue considerado como otra herramienta en el sentido de la Teoría de la Actividad (ver por ejemplo, Nardi, 1986).

Sin embargo, desde que se introdujo el ordenador como un artefacto en la actividad, nuestra concepción de la máquina como herramienta mediadora en la actividad ha ido cambiando. Desde el rol que como herramienta mediadora tenía la máquina según la Teoría de la Actividad clásica, estamos pasando a verla como un sujeto más de la actividad. Y esta evolución en nuestra concepción del rol de las máquinas está teniendo importantes consecuencias en cómo las diseñamos y, sobre todo, en cómo diseñamos la interacción del ser humano con ellas. Este cambio se ha debido, fundamentalmente, a que el ordenador ha traído con él, sobre todo, los mecanismos automáticos y la inteligencia artificial.

2. La introducción de los automatismos en las máquinas

La introducción del concepto de máquina en la historia de la evolución humana para sustituir el concepto de artefacto ocurrió cuando a las herramientas que se usaban en las actividades se les incorporó un mecanismo que mediante un proceso de consumo de energía les permitía que hiciesen su trabajo sin necesidad de la fuerza humana o animal. El paso del arado al tractor significó el paso de la herramienta como artefacto a la herramienta como máquina. En términos de la Teoría de la Actividad clásica, lo que ocurrió fue que se inició una distribución de funciones entre los seres humanos y las máquinas de tal manera que algunas de las funciones que los seres humanos o los animales hacían antes, ahora eran responsabilidad de las máquinas.

Por esta razón se comenzó a hablar, y se sigue actualmente hablando, de distribución de funciones cada vez que una máquina se introduce en una actividad humana. Se considera que al introducir la máquina lo que se está haciendo es asignarle una función a la máquina que antes hacía el ser

humano, posiblemente de una forma menos eficiente. Esta asignación de funciones puede significar una de dos cosas. Una es que se deja que la máquina haga la función por sí sola (un motor para sacar agua de un pozo para el riego sustituye a un sistema de poleas que una persona maneja). Pero también puede significar que la máquina ayude al ser humano a hacer la función mejor y más eficientemente (se introduce una grúa mecánica operada por un ser humano para levantar pesos que éste no podría levantar con sus propias fuerzas) (Hollnagel y Bye, 2000).

Esta asignación de funciones a las máquinas, a la que hemos llamado automatización se comenzó a hacer asignándole a éstas solo funciones físicas que antes realizaban los seres humanos o los animales. Sin embargo, a lo largo del siglo XX hemos asistido a un proceso cada vez más intenso de asignación a las máquinas de funciones “mentales”. Cuando a las máquinas de escribir se les introdujeron mecanismos eléctricos que hacían más fácil la actividad de escribir un texto, estos mecanismos eran funciones físicas que ahora tenían las máquinas de escribir. Sin embargo, en un momento determinado de las últimas décadas del Siglo XX, se comenzaron a asignar a las máquinas funciones mentales que antes estaban en manos de los seres humanos. Un ejemplo de esto lo tenemos cuando a alguien se le ocurrió introducir en los procesadores de texto una función de corrección ortográfica y semántica. Esa función ya no era física sino mental. Ahora, dejamos que el procesador de texto se ocupe de verificar si hemos cometido un error ortográfico y podemos configurarlo para que lo corrija sin siquiera consultarnos. No hace falta decir que nuestra vida es más fácil porque ahora no tenemos que preocuparnos de cometer faltas de ortografía. El peligro es que dejemos de saber escribir correctamente porque esta función cognitiva la dejemos en desuso. Ese es un peligro que va a existir ahora que las funciones cognitivas humanas las hacen las máquinas. Pensemos en un caso similar que ocurre con el uso de la calculadora. Con ella podemos hacer operaciones que podríamos seguir haciendo a mano o mentalmente pero que con la incorporación generalizada de su uso hemos dejado de saber cómo hacerlo. ¿Quién sabe ya hacer aún raíces cuadradas u operar con logaritmos? Otro ejemplo de esto lo tenemos en el caso de los coches. Una de las operaciones que se hace durante la conducción es el cambio de marchas. Este cambio de marchas puede hacerlo el conductor o puede hacerlo el mismo coche. En este segundo caso hablamos de coches con cambio de marchas automático.

En todos estos ejemplos hemos seguido hablando de máquinas automáticas y a nivel conceptual hemos seguido pensando en ellas como herramientas de la actividad. Como consecuencia de ello, por ejemplo, el paradigma dominante de la usabilidad y de la experiencia de usuario en la interacción Persona-Ordenador está basado en la concepción del ordenador como

máquina, todo lo más como máquina con ciertos automatismos (Beynon, 2019).

Sin embargo, ahora cada vez más hablamos de máquinas inteligentes. Ya no hablamos sólo de máquinas automáticas, ahora pensamos que algunas de estas máquinas son inteligentes. A algunos de los coches que antes tenían cambios de marchas automáticos, ahora se les llama coches inteligentes y la pregunta que podemos hacernos es cuál es la diferencia entre automatización e inteligencia y qué consecuencias tendrá este cambio conceptual en la forma como abordamos el diseño de las máquinas inteligentes y de la interacción de los seres humanos con ellas. Pero detengámonos un momento a pensar que significa que una máquina sea inteligente y que la diferencia de una máquina automática.

En primer lugar, podemos decir que mientras más funciones mentales asignemos a la máquina cuando estamos distribuyendo las funciones entre ésta y el ser humano más difícil será decir que la máquina no ha adquirido cierto nivel de inteligencia. Sin embargo, la inteligencia no la vamos a medir por el número de funciones mentales que tiene la máquina, hay algo más que define inteligencia y que están adquiriendo las máquinas actuales. A los coches con cambios automáticos de marchas no los llamamos inteligentes ni a un procesador de textos con corrector ortográfico tampoco aunque realicen funciones mentales (decidir cambiar de marchas o cambiar la ortografía de un texto). Lo que define inteligencia es la capacidad para tener control sobre las propias acciones y corregir la propia conducta si el resultado de ésta no es el apropiado o el deseado. Imaginemos que tenemos un procesador ortográfico que cambia nuestro texto si considera que no es correcto ortográficamente, pero además comprueba si el texto que sugiere es el correcto y si no lo es lo vuelve a corregir. Por ejemplo, imaginemos que estamos escribiendo una frase en la que escribimos “tomo” y el corrector nos corrige y sustituye nuestra palabra por “tomó” pero el corrector sigue interpretando el texto que estamos escribiendo haciendo un análisis semántico y “se da cuenta” de que realmente lo que nosotros queríamos decir era “tomo” y no “tomó”. Entonces, vuelve a cambiar la palabra para dejar la que nosotros pusimos.

Por lo tanto, podemos decir que si el control sobre ciertas acciones lo pasamos a la máquina al asignarle funciones cognitivas humanas, ésta adquirirá cierta inteligencia. El nivel de inteligencia que la máquina adquiere dependerá del número de funciones cognitivas que le asignemos, pero, sobre todo, en términos psicológicos solo podemos decir que la máquina es inteligente si tiene un control autónomo sobre sus acciones de tal manera que pueda evaluarlas y corregirlas si es necesario. En otras palabras, podemos afirmar que la razón

fundamental para llamar a una máquina un ente inteligente es que tiene control sobre sus propias acciones.

La consecuencia fundamental que ha tenido esta evolución de las máquinas hasta el momento actual en el que estamos hablando de máquinas inteligentes es que tendremos que empezar a cambiar el role que éstas tienen ahora en el esquema de la Teoría de la Actividad. Ahora las máquinas son también sujetos de la actividad que colaboran con los sujetos humanos. La Inteligencia Artificial nos obliga a pensar en la máquina como otro sujeto de la actividad, cada vez más al mismo nivel que el sujeto humano. Es evidente que seguirán existiendo máquinas que son herramientas, pero ahora tendremos que interactuar con máquinas que son también sujetos de la actividad. Pensemos en un tractor al cual se le han introducido sensores para detectar las condiciones de la tierra y que tiene algoritmos que deciden que ararán esa tierra en función a esas condiciones. ¿Tendremos que considerar que en la actividad de arar la tierra sigue habiendo solo un sujeto y el tractor es solo una herramienta? Evidentemente, no. Ahora tendremos dos sujetos, la persona y el tractor. Aunque, también es evidente que algunas partes del tractor podrán seguir siendo consideradas como herramientas, por ejemplo, las rejas del arado.

Cómo hemos dicho más arriba, la razón para que ahora hablemos de máquinas inteligentes debemos encontrarla en la pérdida de control sobre la actividad que experimenta la persona que interactúa con la máquina. Mientras que las máquinas automáticas ejercían funciones que podemos definir como *no mentales* o como *mentales en el sentido que hemos dicho más arriba* (por ejemplo, el cambio de marcha en algunos coches) la distribución de funciones entre las personas y las máquinas era considerada como un proceso donde el ser humano mantiene todo el control sobre la actividad. El conductor de un coche con cambio automático de marchas siempre se ha sentido con el control sobre la conducción. Sin embargo, actualmente la distribución de funciones empieza a considerarse como cierta pérdida de control por parte de la persona, debido, fundamentalmente, a que el número de funciones que asignamos a las máquinas es mucho mayor. Pero, además y más importante, ahora la persona pasa, en el mejor de los casos, a supervisar las acciones de la máquina de tal manera que el control sobre estas acciones está casi completamente en manos de la máquina. Ahora, las máquinas a las que llamamos inteligentes disponen de un sistema de retroalimentación (son sistemas de bucle cerrado en terminología de la ingeniería) que les permite corregir sus acciones si detectan que no llevan a los resultados deseados.

Ahora, empezamos a darnos cuenta de que inteligencia significa también tener control sobre las acciones. Si el

control en una tarea es siempre humano y las funciones mentales principales que controlan y supervisan las acciones en la actividad permanecen estando en manos de los humanos, la persona será considerada como inteligente y la máquina no lo será o será considerada, en el mejor de los casos, con una inteligencia muy limitada. Si el control sobre ciertas acciones lo pasamos a la máquina al asignarle funciones cognitivas humanas más complejas y las acciones dejan de estar bajo control del ser humano, entonces pensaremos que la máquina adquirirá inteligencia porque esas funciones cognitivas complejas le darán más control sobre sus propias acciones en la actividad conjunta. Por tanto, podemos decir que el nivel de inteligencia que la máquina adquiere dependerá del número de funciones cognitivas que le asignemos, pero sobre todo del control autónomo que ésta tenga sobre sus propias acciones.

Dentro del marco conceptual de la Teoría de la Actividad, la consecuencia fundamental que tiene el asignar inteligencia a las máquinas es que éstas se convertirán en sujetos de la actividad como ya lo eran los seres humanos. Aunque seguirá habiendo máquinas que tendrán el papel de herramientas, otras máquinas se convertirán en sujetos de la actividad y tendremos que considerar que “colaboran” con los seres humanos para alcanzar los objetivos de la actividad. Tendremos que hacer una modificación en el marco conceptual de la teoría de la Actividad como se refleja en la Figura 2.

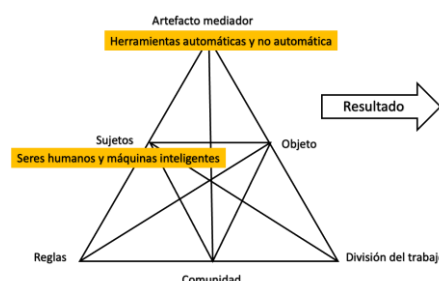


Figura 2: Componentes de la actividad cuando las máquinas inteligentes participan en ella colaborando con los seres humanos

Como consecuencia de esto, ahora debemos preguntarnos, en primer lugar, ¿cómo se diseña un ser inteligente? Y, sobre todo, ¿cómo se diseña la interacción con un ser inteligente artificial? Al contestar a estas preguntas, nos damos cuenta de que en realidad son las mismas preguntas que ha venido haciéndose la Psicología científica en los dos últimos siglos. Evidentemente, en Psicología no hablamos de “diseño”, pero ¿no es verdad que los psicólogos evolutivos y los psicólogos educativos han estado desde siempre preguntándose sobre cómo se adquiere y desarrolla la inteligencia y los psicólogos sociales llevan dos siglos estudiando las interacciones entre

seres inteligente?, Por tanto, ¿no sería conveniente que mirásemos lo que la Psicología científica tiene que enseñarnos sobre el diseño de las máquinas inteligentes y sobre la interacción con ellas?

3. Del diseño de máquinas como herramientas al diseño de las máquinas inteligentes

En la visión tradicional de las máquinas como herramientas de la actividad humana, siempre ha sido patente que el diseño de éstas debe incluir también el diseño de la interacción con ellas. De hecho, el propio concepto de diseño está ligado al concepto de interacción. Cuando un ser humano toma una piedra del suelo y cambia su forma para poder cogerla mejor empezamos a hablar de diseño como una modificación (manufactura) de un objeto para convertirlo en una herramienta con la que sea más fácil interactuar.

Un análisis histórico del diseño de la interacción entre los seres humanos y las máquinas que éstos han creado nos revela que podemos diferenciar tres grandes periodos. En el primero que va hasta comienzos de los años 80 del siglo pasado, el diseño de las máquinas se hacía pensando en éstas y no en las características de las personas que las usarían después. Por esta razón, a este periodo se le conoce como el del “diseño centrado en el sistema” (aquí la palabra sistema se usaba para referirse la máquina diseñada por la persona). El problema al que siempre había que enfrentarse durante ese periodo histórico del diseño era que siempre habría que esperar a que las personas que utilizarían la máquina ya diseñada tendrían que adaptarse a su diseño, se hubiese tenido en cuenta o no las características humanas a la hora del diseño. Se esperaba, por así decirlo, que la persona para usar la máquina debía “aprender” a usarla. Sin embargo, pronto se hizo evidente que los usuarios de las máquinas tenían grandes dificultades para usarlas, precisamente porque durante su diseño no se había tenido en cuenta sus características físicas y, sobre todo, psicológicas y se exigía de ellos que se adaptasen a características del diseño que sobrepasaban los límites de sus capacidades.

Por esta razón, a partir de los años 80 del siglo pasado se comenzó a hablar de un “diseño basado en el usuario” en el que las características físicas y psicológicas de éste se tenían en cuenta desde el comienzo. En un libro ya clásico de Donald Norman y Stephen Drapper (1986) se planteó la necesidad de este cambio de perspectiva desde el diseño basado en el sistema al diseño basado en el usuario.

Más recientemente se ha comenzado a analizar la interacción en el diseño considerando el papel que las máquinas tienen en las formas de vida de las personas además de la adaptación del diseño de éstas a las características físicas y psicológicas humanas (Saariluoma, Cañas y Leikas, 2016). En términos de

la Teoría de la Actividad, podemos decir que se ha comenzado a considerar el diseño de la interacción en función del “objetivo” de la actividad que hasta ahora se había ignorado muchas veces. Pero aún en este análisis de los objetivos en función de las formas de vida se sigue considerando a las máquinas como unas herramientas mediadoras que ayudan a la vida de las personas.

Lo importante es que reconozcamos que durante estos tres periódicos históricos del diseño de las máquinas se ha considerado siempre que éstas son unos entes “sustancialmente” diferentes a los seres humanos que las utilizan. De hecho, para referirse a ellas siempre se ha utilizado la palabra “máquina” y a la interacción con ellas se le llama “interacción Persona-Máquinas” (en la terminología inglesa se utiliza el término Human-Machine Interaction o HMI). Cuando la máquina es un ordenador se utiliza el término “Interacción Persona-Ordenador” (en inglés Human-Computer Interaction o HCI). Las máquinas son herramientas que los sujetos de la actividad utilizan para actuar sobre el objeto de ésta.

Sin embargo, cómo hemos dicho, esta forma de entender el papel que las máquinas juegan en las actividades humanas y cómo debemos diseñarlas para que la interacción con ellas sea eficiente y eficaz, tiene que ser revisada actualmente debido a la introducción de los automatismos y, sobre todo, de la inteligencia artificial en ellas. Pero, ¿cómo debemos hacer esta revisión y cómo debemos plantearnos el diseño de las máquinas inteligentes y de la interacción con ellas? La respuesta a estas preguntas es simplemente que debemos diseñar pensando que están interactuando dos entes inteligentes que colaboran como sujetos de la actividad. Esto significará que debemos volver nuestra mirada, más que nunca, hacía lo que interacción entre personas significa psicológicamente.

4. Dos ejemplos que muestran el cambio de paradigma

Para entender este cambio de paradigma podemos tomar dos ejemplos del ámbito de la Interacción Persona-Ordenador donde el ordenador está empezando a dejar de ser considerado como una herramienta y está pasando a convertirse en un sujeto de la actividad. El primero de ellos es el papel que ha jugado el concepto de modelo mental en el diseño de las interfaces y como éste debe ser modificado o, quizás, reemplazado con el concepto de antropomorfismo para entender cómo será el diseño de máquinas inteligentes en el futuro. El segundo ejemplo es el del diseño de los sistemas informáticos de apoyo al trabajo colaborativo. Estos sistemas han sido hasta ahora diseñados pensando en el ordenador como una herramienta para facilitar la colaboración entre seres humanos durante la realización de una actividad. Es

posible que ahora tengamos que pensar que el ordenador puede ser también un sujeto colaborador al mismo nivel que los seres humanos que participan en el trabajo colaborativo.

4.1 Modelos mentales de la máquina versus Interacción con mentes semi-humanas

Podemos decir que, durante la ejecución de una actividad, la máquina tiene un comportamiento que debemos comprender para poder interactuar con ella correctamente. Para comprender las acciones de una máquina no es sólo necesario que percibamos estas acciones y sus efectos sobre la actividad, también es necesario combinar esta información perceptual con el conocimiento que tenemos almacenado en nuestra memoria sobre su funcionamiento y su estructura. La comprensión significa combinar la información percibida con el conocimiento almacenado en nuestra memoria. Para comprender por qué nuestro coche se ha parado tenemos que saber cómo funciona y de esta manera hacer hipótesis sobre las posibles causas de que se haya dejado de mover. Por ejemplo, sabemos (tenemos almacenado conocimiento en nuestra memoria sobre ello) que el coche necesita energía para funcionar. Por lo tanto, nuestra primera hipótesis puede ser que nos hemos quedado sin gasolina.

Llevamos años preguntándonos sobre cuál es este tipo de conocimiento sobre las máquinas que tenemos almacenado en nuestra memoria, cómo está almacenado, como se recupera, etc. En este sentido, en la visión tradicional de la interacción entre las personas y las máquinas, entendidas éstas como herramientas dentro de la estructura de la actividad, hemos venido hablando de una representación mental de la máquina a la que hemos llamado modelo mental y que nos ha servido para diseñar la interacción con la máquina de tal manera que comprendamos su comportamiento y proyectemos sus acciones futuras.

En el ámbito de la interacción con ordenadores se ha demostrado numerosas veces que cuando una persona aprende a interactuar con el ordenador, adquiere conocimiento sobre su estructura y funcionamiento. Las investigaciones han demostrado, por ejemplo, que la adquisición de un modelo mental del ordenador facilita el aprendizaje de programación (Moran, 1981; Kieras y Bovair, 1984; Cañas, Bajo y Gonzalvo, 1994; Navarro y Cañas, 2001).

El modelo mental de una máquina, como es el ordenador, no tiene que ser un conocimiento preciso y veraz de la estructura y funcionamiento reales de ésta. Se asume que el modelo mental es un conocimiento que depende de lo que el sujeto de la actividad necesita para interactuar correctamente con la máquina. Por ejemplo, el modelo mental de un mecánico de coches es diferente del modelo mental de los conductores de éstos. De la misma forma, el modelo mental del ordenador de

un ingeniero informático es diferente del modelo mental de un usuario.

Para poder interactuar con el ordenador, un usuario no necesita saber cómo funcionan los componentes físicos de los chips, solo necesita saber cuales son los componentes del ordenador, donde se pueden almacenar y cómo se procesan los datos con ellos. Por esta razón, cuando pensamos en términos de modelos mentales en el diseño de las interfaces de las máquinas es frecuente que se recurra a utilizar metáforas de objetos, ambientes, entornos, o espacios familiares para los usuarios para facilitar la adquisición y uso del modelo mental. Por ejemplo, las interfaces de manipulación directa (Shneiderman, 1997) se diseñaron muchas de ellas utilizando la metáfora de una oficina. En el escritorio de la interfaz encontramos documentos, carpetas, papeleras, etc. que representan objetos con los que se trabaja en una oficina. Evidentemente, cuando se lleva un documento a una carpeta no estamos haciendo referencia a como la información se almacena en los chips del ordenador, estamos simulando las acciones que hacemos cuando estamos trabajando en nuestro entorno de trabajo tradicional en una oficina. Por lo tanto, la metáfora nos ayuda a crear un modelo mental del ordenador que nos permite interactuar con éste durante la actividad sin necesidad de que tengamos un conocimiento real de la estructura física del ordenador, cómo el que tendría un ingeniero informático.

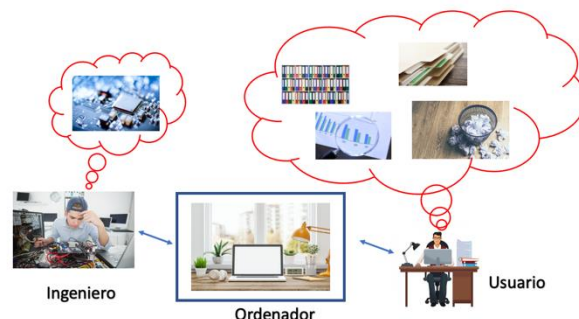


Figura 3: Modelos mentales de un ordenador

La mayoría de las interfaces actuales están diseñadas siguiendo la metáfora del escritorio. En ella, el usuario trabaja sobre una estructura basada en carpetas (directorios), mediante la manipulación directa de documentos (archivos). Sin embargo, cuando se diseña una interfaz utilizando una metáfora para que el usuario adquiera un modelo mental que facilite la interacción con la máquina (el ordenador en nuestro caso) debemos tener en cuenta que este modelo mental basado en una metáfora puede ser útil para interactuar con la interfaz durante la realización de ciertas actividades, pero esta misma metáfora puede ser un obstáculo para interactuar con la máquina en otras actividades. Un caso que podemos poner de ejemplo de este efecto negativo de los modelos mentales

basados en metáforas lo tenemos en lo que ocurre cuando un usuario comienza a interactuar con Internet después de haber aprendido el modelo mental de la oficina. Internet rompe drásticamente con la estructura de carpetas de los actuales sistemas operativos. De hecho, muchos usuarios noveles adoptan un modelo mental de Internet centrado en su ordenador y en el que la red simplemente es una extensión por contenidos (carpetas) de lo que suelen manejar en su PC. Debido a la incompatibilidad de los modelos inducidos por las metáforas, el usuario se encuentra con problemas tales como por ejemplo no saber “en qué carpeta está guardado el vídeo” que acaba de visionar directamente en su navegador.

Por tanto, podemos decir que el uso del concepto de modelo mental nos ha sido muy útil para estudiar la interacción con los ordenadores entendidos como herramientas de la actividad. Sin embargo, con el cambio de paradigma que supone considerar que ahora colaboramos con máquinas inteligentes tendremos que reconocer que el concepto de modelo mental es insuficiente porque ahora necesitamos que esta representación mental incluya información antropomórfica. Ahora la máquina tiene inteligencia y la inteligencia es una característica humana no de un entorno de trabajo como es la oficina. Los archivos y las carpetas tradicionales no tenían inteligencia y ahora podrían tenerla.



Figura 4: Interacción con un ente inteligente

En el modelo mental de la máquina como herramienta no está incluida la mente de la máquina. La máquina como herramienta no tiene mente como la tiene otra persona con la que colaboramos. Sin embargo, a una máquina inteligente sí le podemos atribuir una mente y, de alguna manera, la antropomorfizamos.

Antropomorfismo es la tendencia a atribuir características (mentales, motivacionales, emocionales, etc.) humanas a objetos no-humanos. No debemos confundir antropomorfismo con animismo que es un fenómeno relacionado con algunas religiones en las que se atribuye un “alma humana” a los objetos (Eliade, 1981). Tampoco estamos hablando del animismo que estudian los psicólogos evolutivos y que

constituye una fase del desarrollo psicológico de los niños. Los niños se relacionan con los objetos que los rodean como si tuviesen características humanas. El psicólogo francés J. Piaget (1979) demostró que un criterio para determinar si un niño ha evolucionado correctamente es observar que deja de ser animista y empieza a darse cuenta de que los objetos no tienen mentes, emociones, motivaciones, etc., humanas.

Sin embargo, el antropomorfismo que a nosotros nos interesa aquí es un pensamiento y una forma de actuar consciente y voluntaria que se quiere realizar con algún propósito. Los investigadores de la Universidad de Chicago, Nicholas Epley, Adam Waytz y John T. Cacioppo (2007) han estudiado este fenómeno y han propuesto una teoría que ayuda a entenderlo. El punto de partida de la teoría es la consideración del antropomorfismo como un proceso inductivo que sirve para explicar y predecir la conducta del objeto inanimado con el que se interactúa. Este proceso inductivo se pone en funcionamiento cuando, para interactuar con un objeto de una forma efectiva, activamos el conocimiento que tenemos sobre los seres humanos y, por tanto, sobre nosotros mismos, para que nos ayude a comprender su conducta y predecirla. Por lo tanto, ésta es una teoría que considera al antropomorfismo como un fenómeno que surge por conveniencia. Nos conviene para comprender y predecir la conducta de un ente con el que interactuamos (colaboramos en la actividad). Este antropomorfismo está implícito en la interacción entre personas, pero ahora estará también en la interacción con máquinas inteligentes. La pregunta que debemos hacernos ahora es cómo este antropomorfismo puede y debe ser diseñado.

Tomando como ejemplos de la vida cotidiana de muchas personas en la actualidad, pensemos en las aplicaciones como Siri y Alexa y preguntémosnos, para empezar, si las consideramos entes inteligentes y por qué. ¿Pueden estas aplicaciones informáticas comprendernos cuando nos comunicamos con ellas como nos entendería una persona con la que nos comunicamos? ¿podemos nosotros comprender sus respuestas y predecirlas como comprenderíamos y predeciríamos las respuestas de otras personas? Comprender implica comprender el lenguaje natural, nuestras intenciones, nuestras emociones, etc. Los investigadores actuales están preguntándose si cuando hablamos con Siri lo hacemos como cuando hablamos con una persona (Sayago, Neves y Cowan, 2019; Seymour y Van Kleek, 2020). Si esto es así, cabe preguntarse cómo diseñaremos a Siri para que al contestarnos lo haga como lo haría una persona.



Figura 5: Sustitución del concepto de Modelo mental por el concepto de Teoría de la Mente.

Una pregunta relacionada con ésta es: ¿es bueno el antropomorfismo? Pensemos primero en una característica que facilita el antropomorfismo, la “apariencia humana” del objeto con el que interactuamos. Una pregunta que podemos hacernos es si el “aspecto físico antropomórfico” facilita la interacción con los sujetos inteligentes artificiales. En otras palabras, ¿a las personas, sujetos de la actividad le gusta interactuar con un sujeto inteligente que tenga apariencia humana o prefieren que este sujeto tenga una apariencia no antropomórfica? Esta pregunta se la hicieron Velez, Esteban y Cañas (2003) cuando intentaban buscar una explicación de por qué los usuarios rechazaban a los agentes que aparecían en la pantalla de muchas aplicaciones informáticas ofreciendo ayuda, sobre todo después de cometer un error y el agente intenta explicarte como hay que hacerlo bien. Seguro que todos hemos tenido experiencias con estos agentes intentando ayudarnos y nosotros eliminándolos de la interfaz de forma inmediata.

En la investigación que realizaron estos autores, los usuarios ejecutaban una serie de tareas en una hoja de cálculo y en la pantalla le aparecían unos agentes que ofrecían ayuda (ver la Figura 6). Estos agentes podían tener diferentes niveles de apariencia antropomórfica. Los resultados mostraron que los usuarios preferían a los agentes no antropomórficos. La explicación que los investigadores dieron a estos resultados es que cuando nos ofrecen ayuda están de alguna forma evaluándonos y esta evaluación es mejor que nos la haga un agente no antropomórfico que un agente con parecido humano. De alguna manera, como sabemos en Psicología, a las personas no nos gusta que nos evalúen otras personas. Es posible que si los agentes aparecieran en un contexto en el que no nos estuviesen evaluando (por ejemplo, no estuviésemos haciendo una tarea donde podemos cometer errores) aceptásemos mejor sus consejos.



Diferentes niveles de apariencia antropomórfica



Figura 6: Algunos diseños de agentes utilizados en la investigación de Velez, Esteban y Cañas (2003)

Sin embargo, también sabemos por investigaciones neuropsicológicas recientes que cuando colaboramos con robots, nuestra actividad cortical se parece más a la actividad cortical de cuando colaboramos con otros seres humanos mientras que el robot tenga más apariencia humana (Krach y col. 2008). Por lo tanto, es posible que la apariencia humana no sea contraproducente en todas las actividades. Por ejemplo, sabemos que, la apariencia humana ayuda o no dependiendo del contexto (Goetz, Kiesler y Power, 2003) En un contexto industrial donde lo que importa es la eficacia técnica, el que el robot tenga una apariencia humana importa menos que un contexto de salud donde las relaciones humanas son más importantes. En un contexto de salud el que un robot tenga un aspecto humano es de más ayuda para la colaboración entre paciente y la máquina inteligente. Un robot con apariencia humanoide facilita la empatía y, por tanto, da más confianza y es más aceptado.

El paso del diseño basado en el modelo mental al diseño basado en el antropomorfismo hace referencia al diseño de la interfaz de la máquina. El concepto de modelo mental nos ha sido muy útil para diseñar las interfaces de las máquinas entendidas como herramientas. El concepto de antropomorfismo lo necesitamos ahora para diseñar máquinas inteligentes. Pero podemos pasar a pensar en el diseño de la propia máquina inteligente, en cómo se diseña su inteligencia artificial para que pueda comprender al ser humano. En este sentido tendremos que plantearnos si la máquina inteligente debe tener un modelo de la mente humana.

En Psicología sabemos que los seres humanos adquirimos durante nuestro desarrollo evolutivo en la infancia la capacidad de “leer” la mente de las personas con las que interactuamos. En la tradición de la Ciencia Cognitiva se ha trabajado con la hipótesis de que cada ser humano aprende una “Teoría de la Mente” o lo que es lo mismo, una teoría sobre como la mente humana funciona que nos permite “leer”

(o intuir) lo que otra persona piensa o siente. Este aprendizaje o adquisición de una teoría de la mente es fundamental para el desarrollo normal de cualquier ser humano y se ha demostrado que algunas de las psicopatologías más importantes que aparecen en el desarrollo psicobiológico evolutivo, tales como los desórdenes del espectro autista o la esquizofrenia están relacionadas con una mala adquisición de una buena teoría de la mente (Baron-Cohen, Leslie y Frith, 1985; Langdon, 2005). Pensemos qué sería de nosotros si no fuésemos capaces de inferir las razones de la conducta de otra persona. Por ejemplo, si vemos a alguien abrir un frigorífico en circunstancias normales inferimos que esa persona quiere coger comida o bebida porque tiene hambre o sed. En ningún momento pensamos que está abriendo el frigorífico porque quiere leer un libro.

Existe una creencia muy extendida actualmente entre los investigadores del área que se conoce como “Aprendizaje de Máquina” (“Machine Learning” o ML, en su terminología en inglés) según la cual es posible (algún día) crear un algoritmo al que exponamos a una cantidad de datos suficientes sobre una persona y que pueda inferir las características de la mente de esta persona de tal manera que comprenda y, sobre todo prediga su conducta. Hasta se cree que ese algoritmo podrá modificar la conducta de esa persona. Para ello, el algoritmo deberá “aprender” una teoría de la mente de esa persona (Zuboff, 2020).

Sin embargo, esta creencia puede ser sobre algo que, si materializa algún día, está muy lejano en el tiempo. Imaginemos un algoritmo que observe a una persona mientras camina por la calle. Después de un tiempo determinado, registra datos que muestran que esa persona siempre respeta las señales de tráfico al cruzar la calle. ¿Podremos esperar que ese algoritmo prediga cuándo y en qué condiciones puede saltarse un semáforo? Si la respuesta fuese que sí, eso significará que ese día los especialistas en Aprendizaje de Máquina podrían sustituir a los psicólogos. Es evidente que eso significará que la Psicología desaparecía como profesión completamente. Tendríamos que pensar que la Teoría de la Mente de la máquina inteligente incluiría un conocimiento de psicopatología que la Psicología clínica aún no tiene. Sin embargo, partiendo de esta creencia, éste es el problema con el que se están enfrentando actualmente los ingenieros que están trabajando en el diseño de coches inteligentes: ¿cómo sabes que el conductor del coche que viene en dirección contraria va a hacer un adelantamiento peligroso o el peatón que espera el semáforo en verde no va a decidir cruzar la calle antes de tiempo? La Psicología lleva siglos de investigación sobre este tema sin encontrar una respuesta satisfactoria. Algunos investigadores creen que es posible que los algoritmos de Machine Learning puedan algún día hacer

predicciones correctas sobre la conducta humana, pero es evidente que ese día aún no ha llegado.

En conclusión, este ejemplo de la transición desde el estudio del papel que los modelos mentales de las máquinas han tenido en el diseño de la interacción con ellas cuando las consideramos herramientas de la actividad al foco que ahora estamos poniendo en la interacción con entes inteligentes que son al menos “similares” a los seres humanos y pueden comprender y predecir nuestra conducta, supone una modificación del paradigma de la Teoría de la Actividad. Ahora tendremos que pensar en el diseño de la colaboración entre personas y máquinas inteligentes lo cual implica diseñar inteligencia para introducirla en las interfaces de las máquinas inteligentes.

4.2 Las máquinas como herramientas en el trabajo colaborativo

Un segundo ejemplo donde se puede ver como la Inteligencia Artificial introducida en las máquinas supone un cambio en el marco conceptual de la Teoría de la Actividad es el diseño de los sistemas informáticos de apoyo al trabajo cooperativo. Estos sistemas han sido tradicionalmente diseñados para la comunicación y el trabajo colaborativo entre personas a través del ordenador que actúa como medio de transmisión y sirven para dar soporte al trabajo en grupo. Irene Greif y Paul Cashman en un workshop (Cashman y Greif, 1984) acuñaron el término CSCW (Computer Supported Collaborative Work o Apoyo por ordenador al trabajo en equipo en castellano) para denominar a estos sistemas. Con los sistemas CSCW se pretende guiar el pensamiento y el trabajo en grupo. En el diseño de estos sistemas se tiene en cuenta el contexto del trabajo donde se enmarca el trabajador ya que los sistemas orientados hacia grupos de trabajo deben estar diseñados para favorecer los factores organizativos mediante un desarrollo cooperativo que fomente la interoperabilidad (Grudin, 1990).

El diseño CSCW ha sido un área de intensa investigación durante estas últimas décadas ya que cada vez más el trabajo en el mundo laboral se realiza en grupo utilizando ordenadores. Sin embargo, en esta investigación se han planteado muchos problemas que son relevantes cuando pensamos en la introducción de la Inteligencia Artificial en los sistemas CSCW.

En el año 1989, Lian J. Bannon y Kjeld Schmidt (1989) señalaron que uno de los problemas para diseñar estos sistemas era el definir que es un grupo de personas que colaboran para realizar un trabajo. En el esquema de la Teoría de la Actividad, en cada actividad hay un “objetivo”, pero en el trabajo colaborativo puede haber varios objetivos, tantos como sujetos existan. Por lo tanto, un problema a resolver es el diseñar cómo los diferentes objetivos individuales se

coordinan para alcanzar un objetivo común. Este problema ha sido estudiado durante muchas décadas por los especialistas en Psicología Organizacional y el diseño de los sistemas CSCW se han beneficiado de los resultados e estas investigaciones. De la misma manera, en el diseño de los sistemas CSCW se ha incorporado la investigación que se ha estado realizando durante décadas sobre los llamados Modelos mentales de grupo. Los investigadores han estado explorando la forma en que grupos de individuos comparten y construyen modelos mentales cuando interactúan en grupos (Orasanu y Salas, 1993). Estos investigadores argumentan que, para poder trabajar juntos de una forma eficiente, los miembros de los grupos deben percibir, codificar, almacenar y recuperar la información de una forma similar. En consecuencia, la calidad de los resultados obtenidos por el grupo dependerá no sólo de la información que tengan disponible los miembros, sino también de la capacidad que tengan éstos para compartir el modelo mental del sistema. Cuando los miembros de un grupo comparten un modelo mental similar y correcto de la interacción en grupo, interactúan y realizan sus tareas más eficazmente (Cannon-Bowers, Salas y Converse, 1993). El concepto de modelo mental de grupo es de una importancia capital en la predicción de la conducta de los equipos de personas. Se ha trabajado hasta ahora con el supuesto de que este modelo mental de grupo es lo que los miembros de un grupo deben desarrollar para realizar sus tareas (Klimoski y Mohammed, 1994).

Cuando este concepto de modelo mental de grupo se propuso para explicar cómo el ordenador se utilizaba en una actividad realizada por un grupo de personas, se pensaba en que este ordenador era una herramienta entendida como se entiende en la Teoría de la Actividad. Los sujetos de la actividad son los seres humanos y el ordenador sólo sirve para comiscarse entre ellos. Las cuestiones que se planteaban a los diseñadores de estos sistemas de CSCW eran como diseñar las interfaces para que éstas reflejasen la organización del trabajo de los miembros humanos del grupo. Por ejemplo, los diseñadores se planteaban cuestiones sobre qué filtros debían diseñar para que las interfaces reflejasen las jerarquías dentro del grupo, quien podía comunicarse con quien, quien podía tener acceso a qué información, etc.



Figura 7: Incorporación de la inteligencia artificial en los sistemas de apoyo al trabajo colaborativo (CSCW)

Sin embargo, ahora se requiere un nuevo enfoque cuando uno de los participantes en el trabajo colaborativo es un ente con Inteligencia Artificial (Shrestha, Ben-Menahem y Von Krogh, 2019). La pregunta que ahora nos tenemos que hacer es cómo diseñamos estos sistemas CSCW cuando uno de los miembros del grupo es un agente inteligente. En este sentido, el primer problema al que nos tenemos que enfrentar es el de diseñar el sistema para que los sujetos humanos de la actividad comprendan las respuestas y las acciones del sujeto artificial como comprenden las respuestas y las acciones de los otros seres humanos del grupo. En este sentido, por ejemplo, es evidente que la solución a este problema tendrá que darse después de que se defina el role del miembro no-humano en el grupo (por ejemplo, ¿es un jefe? ¿es un subordinado?). El segundo problema será, por supuesto, como hemos dicho que ocurrirá en el caso de la colaboración entre un solo ser humano y un solo ser no-humano inteligente, el diseñar este ser no-humano para que comprenda y prediga las respuestas y las acciones de los seres humanos del grupo.

Pero, además, surgirán problemas que no existían, o por lo menos no eran tan evidentes, en los sistemas tradicionales de CSCW. Uno de estos problemas que nos puede servir de ejemplo es el de la ética de la colaboración entre agentes. Cuando los seres humanos colaboramos tenemos que seguir unas reglas éticas que habrá que tener en cuenta también en la colaboración entre seres humanos y seres artificiales inteligentes (Cañas, 2022). Este no era un problema relevante para los diseñadores de los sistemas tradicionales de CSCW puesto que de él ya se ocupaban otros profesionales del diseño de las organizaciones no relacionados con el sistema informático a través del cual se realizaba el trabajo en grupo. Sin embargo, este problema está empezando a recibir mucha atención actualmente ahora que el mismo sistema CSCW incluye otro miembro del grupo, en este caso no-humano aunque inteligente también.

Como ejemplo de este interés cada vez más reciente en estos temas relacionados con el cómo se realiza la colaboración entre seres humanos y no-humanos en grupos, podemos mencionar el estudio que Erik Veitch, Henrikke Dybvik, Martin Steinert y Ole A. Alsos han publicado un artículo reciente (2022) en el que señalan acertadamente que la Inteligencia Artificial mejorará la eficiencia y la eficacia en la toma de decisiones en el transporte marítimo. Sin embargo, también llaman la atención de los diseñadores para que tengan en cuenta cómo se debe diseñar la cooperación entre los seres humanos y los sistemas de inteligencia artificial. En su estudio han entrevistado a un grupo de diseñadores de sistemas automáticos y a otro grupo de navegantes que trabajan a bordo de transbordadores parcialmente automatizados. Al mismo tiempo, también han realizado observaciones de campo a bordo de uno de los transbordadores. Los resultados de estas

entrevistas y de estas observaciones mostraron una discrepancia entre cómo los diseñadores interpretaron la colaboración humano-IA en comparación con la forma en la que los propios navegantes las interpretaban. Los navegantes veían sobre su papel como uno de "respaldo", definido como la toma de control ad-hoc de la automatización. Sin embargo, los diseñadores colocaron a los navegantes "en el bucle" de un sistema de control más grande, pero descartando el papel de las habilidades in situ de los navegantes y su papel en la toma de decisiones heurística en todas las acciones de adquisición, excepto en las más controladas. Estas discrepancias en las interpretaciones del papel de la Inteligencia Artificial en la cooperación en grupo llevaron a los investigadores a sugerir que el diseño de los componentes inteligentes del grupo debe hacerse de tal manera que las acciones del sistema artificial sean más visibles (computacionalmente más visibles) y que se incorpore en el diseño de todo el sistema señales sociales que articulen el trabajo humano en su entorno natural.

En pocas palabras, podemos decir que los temas que están surgiendo en el diseño de sistemas de CSCW cuando ahora alguno de los componentes del grupo es un ser no-humano inteligente indican en la misma dirección que lo que hemos visto en el caso del rol de los modelos mentales en el diseño de interfaces ahora que interactuamos con seres no-humanos inteligentes. En ambos casos, todo indica que tendremos que empezar a considerar todo lo que sabemos sobre cómo los seres humanos colaboramos unos con otros.

5. Conclusiones

La conclusión más importante a la que debemos llegar es que, debido a la introducción de la inteligencia artificial en las máquinas, ahora vamos hacia el diseño de interfaces donde los sistemas inteligentes "colaboran" con los usuarios humanos. Por tanto, las cuestiones de diseño de interfaces tienen que plantearse ahora pensando en la facilitación de esta colaboración (Endsley, Cooke, McNeese, Bisantz, Militello y Roth, (2022). En la tradición de IPO (HCI), lo importante ha sido el diseño de la interfaz para que el usuario reciba la información del ordenador de forma que la pueda percibir,

interpretar y memorizar mejor, al mismo tiempo que la interfaz tenga los componentes necesarios para que el usuario pueda comunicarle al ordenador sus órdenes de una forma eficaz, eficiente y satisfactoria. Sin embargo, aunque estos temas no dejarán de ser importantes porque siempre será necesario que los tengamos en cuenta en el diseño de interfaces, ahora tendremos que abordar temas que llevan siendo abordados durante muchos años por la psicología. Tendremos que saber cómo se diseña una interfaz "transparente" y "explicable" para saber por qué la máquina se comporta de la manera que lo hace, cuáles son sus intenciones y cuál será su conducta futura. Tendremos que saber cómo se diseña para mejorar la confianza entre agentes que colaboran en la actividad. Por tanto, podemos decir que nunca ha sido más importante la Psicología para el diseño de la interacción que ahora.

Pero antes de terminar debemos hacer una advertencia. Es posible que alguien piense que estas técnicas pueden usarse para explicar y predecir la conducta humana sin necesidad de recurrir al conocimiento que ya tiene la psicología. Es posible que eso pueda ser cierto, pero también es posible que no. Al fin y al cabo, las técnicas de ML no buscan nada más que ocurrencias (correlaciones) entre eventos. Sin embargo, a todos los que hemos estudiado estadística nos han enseñado que si medimos el tamaño del pie y la inteligencia de una muestra de personas encontraremos una correlación positiva entre ambas variables y no por eso podemos utilizar el tamaño del pie para medir la inteligencia de una persona. Aunque este ejemplo pueda considerarse una exageración, puede servirme para llamar la atención sobre los peligros de crear unas expectativas excesivas en la ML. Si esas expectativas se cumpliesen algún día, los psicólogos y nuestra investigación no serían necesarios y la conducta humana sería finalmente explicable y, sobre todo predecible como se predice en algunas distopías. Sin embargo, aunque la Inteligencia Artificial está dando pasos de gigante asumiendo que esto será posible algún día, lo cierto es que estamos muy lejos de explicar y predecir la conducta humana usando algoritmos de ML.

Referencias

- Baron-Cohen S, Leslie AM, Frith U. (1985). Does the autistic child have a “theory of mind”? *Cognition*, 21:37–46. doi:10.1016/0010-0277(85)90022-8.
- Benyon, D. (2019). *Designing user experience*. Pearson UK.
- Bannon, L. J., & Schmidt, K. (1989). CSCW: Four characters in search of a context. In *ECSCW 1989: Proceedings of the First European Conference on Computer Supported Cooperative Work*. Computer Sciences Company, London.
- Cannon-Bowers, J.A., Salas, E., y Converse, S. (1993). Shared mental models in expert team decision making. En N.J. Castellan, Jr. (Ed) *Individual and group decision making*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Cañas, J. (2022). AI and Ethics When Human Beings Collaborate With AI Agents. *Frontiers in Psychology*, 13.
- Cañas, J.J., Bajo, M.T. y Gonzalvo, P. (1994). Mental Models and computer programming. *International Journal of Human-Computer Studies*, 40, 795-811.
- Cashman, Paul M.; and Irene Greif (eds) (1984). *Workshop on Computer-Supported Cooperative Work, 13-15 August 1984*, Endicott House, Dedham, Ma.
- Eliade M (1981) *A history of religious ideas, volume 1: from the stone age to the Eleusinian mysteries*. University of Chicago Press.
- Endsley, M. R., Cooke, N., McNeese, N., Bisantz, A., Militello, L., & Roth, E. (2022). Special issue on human-AI teaming and special issue on AI in healthcare. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 0(0) doi:10.1177/15553434221133288
- Epley, N., Waytz, A., & Cacioppo, J. T. (2007). On seeing human: a three-factor theory of anthropomorphism. *Psychological review*, 114(4), 864.
- Goetz J, Kiesler S, Powers A (2003) Matching robot appearance and behavior to tasks to improve human–robot cooperation. In: *Proceedings of the 12th IEEE workshop on robot and human interactive communication*, pp 55–60.
- Grudin, J. (1990). *Groupware and Cooperative Work: Problems and Prospect. The Art of Human Computer Interface*. Addison-Wesley.
- Hollnagel, E., & Bye, A. (2000). Principles for modelling function allocation. *International Journal of Human-Computer Studies*, 52(2), 253-265. doi:10.1006/ijhc.1999.0288.
- Kieras, D.E., y Bovair, S. (1984) The role of mental model in learning to operate a device. *Cognitive Science*, 8, 255-273.
- Klimoski, R. y Mohammed, S. (1994). Team Mental Model: Construct or Metaphor?. *Journal of Management*, 20, 2, 403-437.
- Krach, S., Hegel, F., Wrede, B., Sagerer, G., Binkofski, F., & Kircher, T. (2008). Can machines think? Interaction and perspective taking with robots investigated via fMRI. *PloS one*, 3(7), e2597.
- Langdon R. *Theory of mind in schizophrenia*. In: Malle BF, Hodges SD, eds. *Other Minds*. New York: Guilford Press; 2005, 323–342.
- Leontiev, Aleksei N (1977). *Actividad, Conciencia y Personalidad*. Digitales Soyuz.
- Moran, T.P. (1981) An applied psychology of the user. *Computing Surveys*, 13, 1-11.
- Nardi, B. A. (1996). Activity theory and human-computer interaction. En B.A. Nardi Context and consciousness: Activity theory and human-computer interaction. Cambridge, MA: MIT Press.
- Navarro, R., y Cañas, J.J. (2001). Are visual programming languages better? The role of imagery in program comprehension. *International Journal of Human-Computer Studies*, 54, 799-829.
- Norman, D. A., & Draper, S. W. (1986). *User centered system design: New perspectives on human-computer interaction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Orasanu, J., y Salas, E. (1993). Team decision making in complex environments. En G.A. Klein, J. Orasanu, R. Calderwood, y C.E. Zsombok (Eds.) *Decision making in action: Mental models and methods*. Norwood, NJ: Ablex.
- Piaget, J. (1979). El niño y la construcción del mundo: El animismo infantil. In *Textos de psicología del niño y del adolescente* (pp. 158-161). Narcea.

- Sayago, S., Neves, B., & Cowan, B. (Aug 22, 2019). Voice assistants and older people. In *Proceedings of the 1st International Conference on Conversational User Interfaces* (pp. 1-3). doi:10.1145/3342775.3342803 Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=#61;3342803>
- Shrestha, Y. R., Ben-Menahem, S. M., & Von Krogh, G. (2019). Organizational decision-making structures in the age of artificial intelligence. *California Management Review*, 61(4), 66-83.
- Seymour, W., & Van Kleek, M. (Apr 25, 2020). Does siri have a soul? exploring voice assistants through shinto design fictions. En *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-12).
- Saariluoma, P., Cañas, J. J., & Leikas, J. (2016). *Designing for life: A human perspective on technology development*. Springer.
- Shneiderman, B. (1997), Direct manipulation for comprehensible, predictable and controllable user interfaces. En *Proceedings of the 2nd international conference on Intelligent user interfaces* (pp. 33-39).
- Veitch, E., Dybvik, H., Steinert, M., & Alsos, O. A. (2022). Collaborative work with highly automated marine navigation systems Systems. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*. 1-32. doi:10.1007/s10606-022-09450-7
- Velez, M., Esteban, E., and Cañas, J.J. (2003) Antropomorphic characteristics of interface agents. En *Proceeding of Human-Computer Interaccion*. Creta, Grecia.
- Zuboff, S. (2020). *La era del capitalismo de la vigilancia*. Ediciones Paidós.

Sección general

SUPER, una Aplicación para Mejorar la Accesibilidad Cognitiva de Micropoemas

SUPER, An Application to Improve the Cognitive Accessibility of Micropoems

Mari Carmen Suárez-Figueroa

Ontology Engineering Group (OEG)
Universidad Politécnica de Madrid
(UPM)
Madrid, España
mcsuarez@fi.upm.es

Isam Diab

Ontology Engineering Group (OEG)
Universidad Politécnica de Madrid
(UPM)
Madrid, España
isam.diab@upm.es

Anabel Martín

Universidad Politécnica de Madrid (UPM)
Madrid, España
anabel.martin.penalver@alumnos.upm.es

Recibido: 05.09.2022 | Aceptado: 04.12.2022

DOI: <https://doi.org/10.65234/interaccion.65>

Palabras Clave

Discapacidad cognitiva
Micropoesía
Lectura fácil
Inteligencia artificial
Accesibilidad cognitiva

Resumen

Las personas con discapacidad cognitiva o intelectual presentan dificultades relacionadas con la comunicación en general, y con la comprensión lectora en particular. Para derribar estas barreras y mejorar su vida cotidiana, los materiales escritos pueden adaptarse manualmente siguiendo la Metodología de Lectura Fácil (LF). Sin embargo, este proceso de adaptación a versiones de lectura fácil es laborioso en tiempo y recursos, pues involucra tanto a personas con discapacidad cognitiva como a expertos de la metodología. Con el fin de facilitar el acceso cognitivo a textos literarios, nuestra investigación se centra en la creación automática de versiones de lectura fácil de la llamada micropoesía, un tipo de poesía que se caracteriza por su extrema brevedad, que está escrita normalmente con un estilo y métrica propios, y que suele encontrarse en línea, sobre todo en Twitter. Para ello, proponemos un enfoque basado en técnicas de Inteligencia Artificial (IA) simbólica, y sustentado por las pautas de LF. En este artículo, presentamos SUPER (SUGgesting microPoems in E2R (Easy-to-Read)), una aplicación que sugiere automáticamente adaptaciones de micropoemas a versiones en LF. Para validar SUPER, hemos realizado una doble evaluación: una cuantitativa centrada en índices de legibilidad y otra cualitativa basada en un estudio preliminar con personas con discapacidad cognitiva.

Keywords

Cognitive Disabilities
Micropoems
Easy-to-Read Methodology
Artificial Intelligence
Cognitive Accessibility

Abstract

People with cognitive or intellectual disabilities present difficulties related to communication in general, and reading comprehension in particular. To break down these barriers and improve their everyday life, written materials can be manually adapted following the Easy-to-Read (E2R) Methodology. However, this process of adapting to easy-to-read versions is laborious in terms of time and resources, since it involves both people with cognitive disabilities and experts in the methodology. In order to facilitate cognitive access to literary texts, our research focuses on the automatic creation of easy-to-read versions of the so-called micropoetry, a type of poetry characterized by its extreme brevity, which is usually written in its own style and meter, and which is often found online, especially on Twitter. To do this, we propose an approach based on symbolic Artificial Intelligence (AI) techniques, and supported by the E2R guidelines. In this paper, we introduce SUPER (SUGgesting microPoems in E2R (Easy-to-Read)), an application that automatically suggests adaptations of micropoems in E2R versions. To validate SUPER, we have carried out a double evaluation: a quantitative one focused on readability indices and a qualitative one based on a preliminary study with people with cognitive disabilities.

1. Introducción

Las personas con discapacidad cognitiva o intelectual pueden presentar dificultades relacionadas con la comunicación en general, y con la comprensión lectora en particular. Dichas dificultades suponen en la mayoría de los casos un reto, ya que no solo limitan las interacciones cotidianas como la obtención de un billete de tren, sino también aquellas que involucran procesar el contenido y significado de diferentes tipos de textos, como los textos literarios, cuya relevancia es crucial pues favorecen la capacidad de pensamiento creativo de las personas.

Estos potenciales obstáculos se convierten en una barrera diaria en los procesos de comprensión, interacción y uso de productos y servicios en diferentes entornos. Con el objetivo de derribar las mencionadas barreras y mejorar la vida cotidiana de las personas que presentan discapacidades cognitivas, nació la denominada Metodología de Lectura Fácil (LF) (AENOR, 2018; Inclusion Europe, 2009; IFLA, 2010), que tiene como objetivo proporcionar pautas para presentar contenidos claros y de fácil comprensión para diferentes sectores de la población, entre los que se incluyen personas con discapacidades, personas no nativas, o personas con un dominio limitado del lenguaje, entre otros grupos.

Las personas con discapacidad cognitiva o intelectual tienen derecho a participar en las actividades enmarcadas en la sociedad, como la política, la educación, el trabajo o la cultura, de la misma forma que el resto de personas¹. En el caso de la cultura, que puede considerarse un medio de transmisión de conocimientos y que permite a los individuos reflexionar sobre sí mismos y su entorno, las personas con discapacidad tienen derecho a participar en igualdad de condiciones con los demás en la vida cultural².

Por lo tanto, es fundamental que las personas con discapacidades cognitivas disfruten de su tiempo de ocio y, más concretamente, que disfruten y comprendan la literatura que conforma la cultura de una sociedad. Para lograr este fin, la producción cultural, en general, y la literaria, en particular, deben estar disponibles en formatos accesibles. La metodología de Lectura Fácil (LF) es una forma de potenciar la accesibilidad cognitiva de documentos literarios, mediante la adaptación de los mismos. Sin embargo, los procesos de adaptación suelen llevarse a cabo de forma manual, hecho que requiere una gran cantidad de tiempo y de recursos humanos,

ya que implica la necesidad de involucrar tanto a personas con discapacidades cognitivas como a expertos en LF.

Con el fin de contribuir a este laborioso y costoso proceso de adaptación de textos, el objetivo de este trabajo es reducir las dificultades de comprensión de micropoemas por parte de personas con discapacidades cognitivas.

La poesía es importante porque nos ayuda a entender y apreciar el mundo que nos rodea y apela a nuestras emociones y sentimientos (Maroua, 2017). Por otra parte, la lectura de poesía puede enriquecer las experiencias culturales y estimular el interés por la lectura de literatura, en tanto que la comprensión de la poesía puede beneficiar las habilidades de comprensión lectora (Maroua, 2017). Asimismo, se ha comprobado que (a) la lectura de poesía es enriquecedora en casos graves de deterioro cognitivo, como la demencia (Gregory, 2011; Kidd et al. 2011); (b) la poesía puede fomentar la escucha, la participación y la reflexión, así como mejorar la comprensión mediante el intercambio de historias y las relaciones sociales para los estudiantes con discapacidades cognitivas (Westgale y Rosanne, 2008), y (c) la enseñanza a los lectores con dificultades por medio de la poesía es útil y eficaz porque la poesía es breve, mejora la comprensión, contiene palabras bien elegidas así como un rico vocabulario, y crea interés en un tema (Walther y Fuhler, 2010).

La poesía es un género literario que se puede manifestar en diversos tipos de formas poéticas como el verso libre, el haiku, o el verso proyectivo, entre otros (Padgett, 1987). Debido a este amplio abanico de formas, hemos decidido centrar nuestra investigación en la denominada micropoesía, un género que aúna una poesía minimalista y abstracta, que se caracteriza por su extrema brevedad y que suele tener una métrica libre (Olaizola, 2018). Esta decisión se ha tomado teniendo en cuenta que los micropoemas tienden a ser breves, son rápidos de leer y, en general, más amenos que otras formas poéticas. Este tipo de micropoemas suele encontrarse en SMS³, Twitter⁴, o Tumblr⁵ (Olaizola, 2018). Dado que las redes sociales forman parte de nuestra vida cotidiana, el hecho de que los micropoemas se puedan encontrar en Twitter, una de las diez principales redes sociales en la actualidad⁶, es un buen motivo para orientar nuestra investigación a reducir las dificultades que tienen las personas con discapacidades cognitivas en la comprensión de este tipo de poesía.

¹ Ley General de derechos de las personas con discapacidad y de su inclusión social. Versión en lectura fácil. (Diciembre 2015).

² Artículo 30:

<https://www.un.org/development/desa/disabilities/convention-on-the-rights-of-persons-with-disabilities.html> (Último acceso: 01 de septiembre de 2022).

³ Las siglas hacen referencia al inglés *Short Message Service*, en español 'servicio de mensajes cortos o simples'.

⁴ <https://twitter.com> (Último acceso: 24 de noviembre de 2022).

⁵ <https://www.tumblr.com> (Último acceso: 24 de noviembre de 2022).

⁶ <https://www.statista.com/statistics/274773/global-penetration-of-selected-social-media-sites/> (Último acceso: 01 de septiembre de 2022).

En lo que a nosotros concierne, no existen investigaciones detalladas relacionadas con la adaptación de micropoemas según las pautas de la metodología de Lectura Fácil. Por ello, para intentar cubrir este vacío en el área de investigación de la accesibilidad cognitiva, proponemos (1) analizar cuáles podrían ser las principales dificultades en la comprensión de micropoemas en español por parte de personas con discapacidades cognitivas, así como (2) desarrollar tanto un método como una aplicación (llamada SUPER), basados en el uso de técnicas de Inteligencia Artificial (IA), del enfoque simbólico (como la representación de conocimiento), del enfoque subsimbólico (como el aprendizaje automático), o que combinen ambos enfoques (Norvig y Russell, 2021), para sugerir automáticamente micropoemas más cognitivamente accesibles, escritos bajo las pautas de la metodología de LF. Así, nuestro propósito es corroborar que herramientas de adaptación pueden ayudar a las personas con discapacidades cognitivas a comprender mejor la literatura, concretamente la poesía.

Para validar nuestro enfoque, hemos llevado a cabo una evaluación doble: (a) en vista de que los índices de lecturabilidad se usan de forma frecuente como medida de comprensión de un texto (Stricker et al., 2020), hemos evaluado nuestro enfoque en primer lugar comparando las diferentes puntuaciones de lecturabilidad de los micropoemas originales y de los adaptados obtenidas utilizando varios índices (en este caso se lleva a cabo una evaluación cuantitativa); por otro lado, (b) dado que el uso de una puntuación de lecturabilidad como indicador de comprensión puede ser cuestionable, hemos llevado a cabo, como evaluación complementaria, un estudio introductorio involucrando personas con discapacidades cognitivas con el objetivo de confirmar nuestra hipótesis (realizando en este caso una evaluación cualitativa).

El resto del artículo sigue la siguiente estructura: la Sección 2 resume el estado de la cuestión relacionado con la Metodología de LF y herramientas de adaptación a lectura fácil existentes para el español, así como con la comprensión lectora. La Sección 3 presenta la metodología de investigación que hemos seguido, mientras que la Sección 4 está dedicada a describir nuestro enfoque para mejorar la accesibilidad cognitiva de micropoemas utilizando de base la Metodología de LF. En la Sección 5 describimos la evaluación de nuestro enfoque. Por último, la Sección 6 presenta las conclusiones obtenidas y las futuras líneas de investigación.

2. Estado de la cuestión

En esta sección exponemos de manera resumida algunos apuntes sobre trabajos relacionados con la Metodología de Lectura Fácil (LF) y herramientas de adaptación existentes, así como con la comprensión lectora.

2.1 Metodología de Lectura Fácil

A lo largo de la última década la necesidad de disponer de materiales comprensibles y accesibles para las personas con dificultades de aprendizaje ha recibido una mayor atención en los ámbitos sociales (Matausch y Nietzio, 2013). En este sentido entra en juego la Metodología de Lectura Fácil (AENOR, 2018; IFLA, 2010; Inclusion Europe, 2009) que, como apuntamos en la Sección 1, es determinante en el proceso de adaptación de materiales. Dicha metodología proporciona pautas y recomendaciones para presentar contenidos claros y de fácil comprensión para diferentes sectores de la población, entre los que se incluyen personas con discapacidades, personas no nativas, o personas con un dominio limitado del lenguaje. El conjunto de pautas y recomendaciones se refiere al contenido, el lenguaje, las imágenes y la disposición gráfica de los documentos. El objetivo último de la metodología de LF es contar con materiales que se ajusten a estas pautas y recomendaciones de lectura fácil, entre las que se encuentran evitar tecnicismos, abreviaturas y siglas, acrónimos, y metáforas; así como hacer uso de un lenguaje claro y sencillo, en el que primen las frases cortas y sencillas, con una tipografía o fuente adecuada y un formato de edición conveniente para el uso previsto de cada material. Sin embargo, la metodología de LF presenta dos limitaciones principales: (a) no aporta información clara sobre cómo adaptar tipos de documentos concretos como los textos literarios; y, por otro lado, (b) se basa en gran medida en una adaptación manual, lo que supone una tarea muy lenta y subjetiva que, naturalmente, dificulta la adaptación a gran escala de textos.

Con el objetivo de disminuir tanto el tiempo como los recursos involucrados en el proceso de adaptación a lectura fácil, existen herramientas semiautomáticas tanto para la comprobación del cumplimiento de las pautas en textos (Suárez-Figueroa et al., 2020; Nietzio et al., 2012; Oelke et al., 2010), como para generar adaptaciones en lectura fácil basadas en técnicas de simplificación: Simplext (Saggion et al., 2015), LexSIS (Bott et al., 2012), DysWebxia (Rello et al., 2013) o EASIER (Moreno et al., 2020). Si nos centramos en la adaptación automática de textos a lectura fácil en español, los trabajos existentes se basan en técnicas de simplificación tanto a nivel léxico como sintáctico. Respecto a la simplificación léxica, la herramienta presentada en LexSIS (Bott et al., 2012) utiliza tres técnicas para encontrar un sustituto léxico más simple: un modelo vectorial basado en palabras, la frecuencia de las palabras y la longitud de las palabras. Para realizar dicha sustitución por un candidato más simple, se basa en recursos semánticos disponibles en línea como OpenThesaurus y el Corpus de Referencia del Español Actual (CREA). El trabajo presentado en DysWebxia (Rello et al., 2013) se sirve de LexSIS para sustituir palabras identificadas como complejas para personas con dislexia por sinónimos que cubran sus necesidades de comprensión. Por su parte, el sistema propuesto en EASIER (Moreno et al., 2020) identifica palabras complejas

mediante algoritmos de máquinas de vector soporte (*Support-Vector Machines (SVM)* en inglés) y las sustituye por sinónimos más fáciles consultando recursos externos de libre acceso como BabelNet y OpenThesaurus. En el marco del proyecto Simplext encontramos una doble simplificación automática: por un lado, léxica, basándose en la implementación de LexSIS y en una simplificación basada en reglas; y, por otro lado, sintáctica. Para la simplificación sintáctica, hacen uso de una gramática computacional escrita a mano y se centran en la reducción de la complejidad oracional.

Sin embargo, hasta donde sabemos, no existen trabajos de investigación orientados a la adaptación automática, a lectura fácil, de un tipo de texto literario específico como la micropoesía.

2.2 La comprensión lectora como proceso cognitivo

La lectura es una habilidad esencial para la actividad humana; sin embargo, existe un gran número de personas con dificultades para dominarla satisfactoriamente.

Más detalladamente, la lectura implica tres procesos cognitivos (Vived y Molina, 2012): (a) un proceso superficial, en el que el lector reconoce los constituyentes de un determinado texto (por ejemplo, las palabras); (b) un proceso semántico y/o sintáctico, que implica el conocimiento específico de las propiedades gramaticales del texto; y (c) un proceso interpretativo, en el que el lector establece relaciones significativas entre sus esquemas mentales y la estructura del texto, comprendiendo, así, el contenido.

Por lo tanto, teniendo en cuenta esos procesos cognitivos, la comprensión lectora es la capacidad de entender lo que se lee, tanto en relación al significado de las palabras de un texto, como a la comprensión global del mismo. La comprensión lectora se considera el proceso por el cual se elaboran los significados y se relacionan con los conceptos que ya tienen un significado para el lector, de esta manera el lector “interactúa” con el texto (Mata, 2007).

Según Wissing et al. (2016), dos de los factores que conforman la comprensión lectora son la lecturabilidad y la comprensibilidad. Ambos términos han estado (y están) en el punto de mira de muchos estudios durante décadas, ya que su definición y distinción ha generado debates desde diferentes perspectivas. Por un lado, algunos autores afirman que no hay distinción entre lecturabilidad y comprensibilidad, mientras que otros, por el contrario, señalan que aunque ambos atributos están estrechamente relacionados, son intrínsecamente diferentes (Wissing et al., 2016).

2.2.1 Lecturabilidad

Siguiendo la idea de que lecturabilidad y comprensibilidad son dos términos independientes, en este trabajo consideraremos

que la lecturabilidad se refiere a las características lingüísticas de un texto que repercuten en la facilidad o dificultad con la que un lector puede leer y comprender dicho texto (Wissing et al., 2016). Además, la lecturabilidad es distinta de la legibilidad, que se refiere a la facilidad real con la que se puede leer un texto (Wissing et al., 2016).

Para medir el nivel de lecturabilidad de los materiales escritos, se ha creado un gran número de fórmulas de lecturabilidad. En términos generales, la legibilidad y lecturabilidad de un texto escrito influyen en la comprensión del mismo. Así, la forma en la que un texto es comprendido por un lector puede anticiparse parcialmente utilizando índices de lecturabilidad (Wissing et al., 2016) que de manera sistemática hacen una predicción sobre la lecturabilidad y comprensión de un texto. La mayoría de estas fórmulas se han diseñado para el inglés; entre las más frecuentes y conocidas destacan Flesch Reading Ease Readability Formula (Flesch, 1948), Flesch-Kincaid (Kincaid et al., 1975), SMOG (McLaughlin, 1969), la fórmula Gunning Fog (Gunning, 1952), o la fórmula Dale-Chall (1948).

Si bien, como vemos, el inglés cuenta con un abanico variado de índices y fórmulas, para el español el número es menor. En la mayoría de los casos, los índices se han obtenido a partir de la fórmula Flesch. Algunas de las fórmulas de legibilidad más comunes para los textos en español son: la fórmula homónima de Spaulding (1951), que utiliza la longitud media de las oraciones y el uso de un vocabulario común; el índice de Fernández-Huerta (1959), que es una adaptación directa de la fórmula de Flesch; la fórmula de lecturabilidad de Fry (Fry Readability Graph (FRG)) (1963), que necesita tener tres partes de un texto que contengan al menos 100 palabras cada una de ellas; la fórmula de Szigriszt (1993), que puede aplicarse a textos de diferentes áreas; o el índice μ (Baquedano, 2006), que utiliza el número de palabras y la media y la varianza del número de letras de las palabras.

En términos generales, las fórmulas e índices de lecturabilidad hacen hincapié en la facilidad de comprensión de un texto, estableciendo un valor numérico que puede interpretarse como el nivel de dificultad del mismo (Zamanian y Pooneh, 2012). Por esta razón, estas métricas pueden considerarse una herramienta de evaluación sobre la dificultad de comprensión de un texto en concreto. Así, los índices de lecturabilidad pueden emplearse para informar a las personas con dificultades de comprensión lectora sobre cómo de complejo puede resultar un texto.

2.2.2 Comprensibilidad

Como se ha señalado anteriormente, mientras que la lecturabilidad depende del propio texto, la comprensibilidad está directamente relacionada con la competencia del lector. Según Smith y Taffler (1992), la comprensibilidad de un texto se refiere a la capacidad de los usuarios para discernir el

significado adecuado. Así, según Wissing et al. (2016), un texto es comprensible cuando el receptor recibe el mensaje tal y como lo pretende el emisor y, por tanto, el primero completa el acto de comunicación iniciado por el segundo.

Además, cabe destacar que la comprensibilidad se refiere a la capacidad del lector para entender el contenido tratado en un texto, y depende de atributos del lector como sus antecedentes, conocimientos previos, intereses y habilidades de lectura (Chiang et al., 2008; Jones, 1997).

Como ocurre con el caso anterior sobre la lecturabilidad, existen varias técnicas para medir la comprensibilidad de un texto. Según diferentes autores (Ramos Gutiérrez, 1998; Wissing et al., 2016), se pueden utilizar técnicas como las siguientes:

- Recuerdo libre. Consiste en solicitar al sujeto que lea un texto y luego lo recuerde. Ha sido una de las técnicas más utilizadas para evaluar la comprensión.
- Métodos de recuerdo inducido. Dicha técnica consiste en proporcionar, tras la lectura de un texto, preguntas con varias respuestas alternativas cada una, de las cuales el lector debe elegir la o las que considere correctas según el contenido del texto.
- Test de Cloze. Es uno de los procedimientos más utilizados. Consiste en suprimir palabras al azar, palabras significativas o cada enésima palabra de un fragmento de texto, y sustituir las supresiones por espacios de igual longitud (Taylor, 1957).
- Conocimiento de vocabulario. Laufer (2013) sugiere determinar la dificultad de un texto en relación a la proporción de palabras utilizadas en ese texto que el lector entiende (cobertura léxica).
- Métodos basados en el concepto de macroestructura. En el ámbito de la cognición, la macroestructura es una representación semántica de carácter global que representa el tema o idea general del discurso, tal y como se manifiesta en el recuerdo de los sujetos (Ramos Gutiérrez, 1998). Así, los métodos o técnicas utilizados en este grupo se dirigen a evaluar el uso por parte del lector de estrategias para identificar el tema del texto y su idea principal: discernir entre información importante y secundaria, resumir el texto y crear una representación de su estructura.

3. Metodología de investigación

El objetivo de este trabajo de investigación es reducir las dificultades que tienen las personas con discapacidades cognitivas en la comprensión de textos poéticos, concretamente de micropoemas.

Como se mencionó en la Sección 1, hasta donde sabemos, no hay ningún trabajo de investigación específico orientado a adaptar de forma automática micropoesías a lectura fácil, lo

que sería de gran ayuda para las personas con discapacidades cognitivas. Para superar este vacío en la investigación, proponemos (1) identificar cuáles podrían ser las principales dificultades en la comprensión de micropoemas por parte de personas con discapacidades cognitivas, y (2) desarrollar tanto un método como una aplicación, ambos basados en el uso de técnicas de IA para sugerir automáticamente micropoemas que se ajusten a la metodología de LF.

De esta manera, las principales preguntas de investigación que proponemos en este artículo son:

- PI1: ¿Podemos utilizar métodos y técnicas de IA (simbólica y/o subsimbólica) para transformar un micropoema original en uno adaptado que cumpla con la metodología de Lectura Fácil?
- PI2: ¿Mejora la puntuación de lecturabilidad del micropoema adaptado en comparación con la del micropoema original, calculando diferentes índices de lecturabilidad?
- PI3: ¿Mejora la comprensión lectora del micropoema adaptado en comparación con la del micropoema original por parte de personas con discapacidad cognitiva?

Con el objetivo de responder a estas preguntas de investigación, la metodología que hemos seguido en este trabajo ha aunado las siguientes cuatro actividades: (1) identificar los elementos más difíciles de entender para las personas con discapacidades cognitivas que suelen aparecer en los micropoemas; (2) explorar y decidir los métodos y técnicas de IA más apropiados para nuestro trabajo de investigación; (3) crear un método e implementar una aplicación para sugerir adaptaciones en lectura fácil de micropoemas; y (4) evaluar el enfoque propuesto.

Actividad 1. Identificar cuáles podrían ser las principales dificultades que tienen las personas con discapacidades cognitivas en la comprensión de micropoemas extraídos de Twitter.

Según Verheijen (2013), Twitter, la mensajería instantánea (MI), y los SMS presentan varias características comunes, como la brevedad, la inmediatez y la facilidad de uso. Por tanto, se podría suponer que el lenguaje utilizado en dichos casos (Twitter, MI y SMS) también fuera análogo. El lenguaje en el que se escriben los mensajes instantáneos suele incluir formas lingüísticas poco convencionales desde el punto de vista ortográfico, denominadas textismos (Verheijen, 2013) o puntuación retórico-emotiva (Figueras, 2014). Estas formas se utilizan porque reducen el tiempo y el espacio de escritura y son consideradas “modernas” por los jóvenes. Ejemplos de textismos son: abreviaturas (por ejemplo, *mñn* por ‘mañana’), abreviaturas fonológicas (por ejemplo, *xq* por ‘porque’), o acortamientos (por ejemplo, *q* para ‘que’), entre otros (Verheijen, 2013).

Teniendo en cuenta (a) la suposición de que el lenguaje utilizado en MI, SMS y Twitter podría ser similar y (b) el hecho de que las abreviaturas, los acrónimos y las características específicas de las redes sociales, como los hashtags y los símbolos, podrían afectar a la lecturabilidad y dificultar la lectura y comprensión de los tuits (Davenport y DeLine, 2014), hemos llevado a cabo un estudio empírico para averiguar qué tipo de textismos o puntuación retórico-emotiva podrían afectar en mayor medida en la lecturabilidad y comprensión de los micropoemas. Dicho estudio consistió en analizar manualmente una colección de micropoemas en español para conocer (1) cuáles son los textismos más comunes que aparecen en los micropoemas y (2) cuáles de dichos elementos no cumplen con las recomendaciones de Lectura Fácil.

En nuestro estudio hemos analizado micropoemas escritos en español publicados en Twitter. La creación de la colección de micropoemas se basó en la utilización de búsquedas en Twitter que incluían menciones como “@MicroPoesia”, así como hashtags del tipo “#microcuento”, “#micropoesia”, “#escribirparaincluir”⁷, “#microverso”, y “#micropoema”. Los resultados de las búsquedas revelaron que la mayoría de los micropoemas analizados incluyen los siguientes textismos: (a) caracteres especiales (como “@” para cuestiones de género), (b) abreviaturas (como “tq” para ‘te quiero’ o “xq” para ‘porque’), y (c) palabras difíciles (por ejemplo, “serendipia”). La mayor parte de estos elementos lingüísticos no se ajustan a las recomendaciones de LF (AENOR, 2018; Inclusion Europe, 2009; IFLA, 2010), ya que la metodología sugiere (a) evitar todos los caracteres especiales (como \, &, <, §, #, @) siempre que sea posible, (b) evitar todas las abreviaturas como *etc.*, y (c) utilizar palabras simples.

Actividad 2. Analizar y decidir qué técnicas de IA, simbólica y/o subsimbólica, podrían ser las más adecuadas para el diseño de un método para (1) detectar qué elementos de un micropoema (escrito español) no se ajustan a la metodología de LF y (2) sugerir una adaptación para dicho micropoema con el objetivo de que se entienda más fácilmente. Tras un profundo análisis de la literatura sobre IA, decidimos utilizar las siguientes técnicas:

- Dado que nuestro objetivo es crear un tipo de método tanto de análisis del texto como de sugerencia de adaptación, se puede aplicar un enfoque basado en reglas. El término regla en la IA se define como una estructura “IF-THEN”, que relaciona un conjunto de información o hechos dados en la parte “IF” con alguna acción en la parte “THEN”. Esto significa que “IF se cumplen las condiciones THEN se realizan las acciones”.

- Ya que nuestro método necesita analizar texto escrito, hemos considerado también la necesidad de utilizar técnicas de Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN). En particular, técnicas para realizar la tokenización, el etiquetado morfosintáctico PoS (*Part-of-Speech*) y la desambiguación.

Actividad 3. Desarrollar un método para (1) evaluar si un micropoema concreto se ajusta a la metodología de LF y (2) sugerir un poema adaptado según las pautas de LF; así como implementar dicho método como una aplicación llamada SUPER (SUGgesting microPoems in E2R). Tanto el método como SUPER se describen en su totalidad en la Sección 4.2.

Actividad 4. Validar el trabajo de investigación mediante una doble evaluación: una enfocada hacia la lecturabilidad (evaluación cuantitativa) y la otra hacia la comprensibilidad (evaluación cualitativa). La primera evaluación ha implicado dos tareas preliminares: (1) la creación de un corpus de micropoemas escritos en español, y (2) el uso de SUPER, por un lado, para obtener los micropoemas adaptados a partir de los originales incluidos en el corpus y, por otro lado, para calcular las puntuaciones de lecturabilidad de los micropoemas originales y adaptados. Dichas puntuaciones se analizaron y compararon para extraer conclusiones. La segunda evaluación, centrada en la comprensibilidad, ha consistido en la realización de un estudio con personas con discapacidades cognitivas. El objetivo de dicho estudio era comparar los micropoemas originales y los adaptados en términos de comprensión lectora por parte de los participantes. Ambas evaluaciones se describen detalladamente en la Sección 5.

4. Propuesta para adaptar micropoemas a Lectura Fácil

Esta sección está dedicada a presentar nuestro método para (1) analizar qué elementos de un micropoema (escrito en español) no cumplen las pautas de LF y (2) sugerir una adaptación a LF para dicho micropoema que sea más fácil de entender. Asimismo, explicamos detalladamente en esta sección nuestra prueba de concepto llamada SUPER (SUGgesting microPoems in E2R (Easy-to-Read))⁸.

4.1 Método para analizar micropoemas y sugerir adaptaciones en Lectura Fácil

El método que hemos planteado para evaluar si un determinado micropoema se ajusta a la metodología de Lectura Fácil, y realizar una adaptación a LF del micropoema en caso necesario, se compone de las siguientes dos actividades:

⁷ Hashtag unido al concurso de microrrelatos en Twitter organizado por la Fundación Síndrome de Down de Madrid para dar visibilidad a las obras literarias de jóvenes con discapacidad intelectual.

⁸ SUPER no dispone actualmente de interfaz de usuario; y se está analizando la licencia más adecuada para el código. Por estos motivos, la aplicación no está disponible por el momento. Un video con una demo está disponible en <https://doi.org/10.5281/zenodo.7355550>

- *Análisis del cumplimiento de la metodología de Lectura Fácil.* En esta actividad se evalúan los micropoemas con respecto a un subconjunto de pautas de LF. Dichas pautas⁹ son (a) evitar caracteres especiales, en concreto "#" y "@" para cuestiones de género, (b) evitar abreviaturas, (c) evitar acortamientos, y (d) evitar el uso de palabras complejas. No se han considerado otras pautas de LF como las relacionadas con la sintaxis debido a que los microtextos en general y los poéticos (micropoemas) en particular suelen seguir una sintaxis nueva y simplificada (Sánchez, 2021). Como resultado del análisis de conformidad con la metodología de LF, se obtiene el conjunto de elementos del micropoema que no cumplen las pautas de LF seleccionadas. Por otro lado, se calculan las puntuaciones de lecturabilidad del micropoema original. Para esta tarea, es necesario obtener el número de palabras, el número de sílabas, el número de frases, el promedio de letras por palabra y la varianza del número de letras, así como el número de sílabas y de frases por cada 100 palabras.
- *Sugerencia de adaptación a Lectura Fácil.* Cuando el análisis de conformidad con las pautas de LF indica que en el poema original aparecen caracteres especiales (en concreto "#" y "@" para cuestiones de género), abreviaturas, acortamientos o palabras difíciles, se ofrece una sugerencia de adaptación de dicho micropoema original. Esta adaptación consiste, lógicamente, en evitar los elementos no conformes con la LF. Concretamente, las abreviaturas y acortamientos se sustituyen por su forma extendida y las palabras difíciles se sustituyen por sinónimos con menos sílabas que las palabras originales. Además, en el caso del carácter especial "#" se elimina la palabra afectada por dicho carácter; mientras que en el caso de que aparezca la "@" como último carácter de un sustantivo, dicho carácter especial se sustituye por 'o' o 'a' con el objetivo de que el género de dicho sustantivo sea el adecuado en el contexto donde aparece.

Por último, es importante recordar que las micropoesías suelen tener una métrica libre. En este sentido, la sugerencia de adaptación a lectura fácil mantiene la libertad de métrica. Con respecto a la rima¹⁰, esta primera aproximación del método no contempla dicho aspecto poético formal a la hora de proporcionar la adaptación del micropoema. En este sentido, en términos más genéricos, se podría decir que este método (y su correspondiente implementación en SUPER) es válido para la adaptación

de tuits (por ejemplo, micropoemas¹¹) a una versión de lectura fácil.

Como ya se ha mencionado en la Sección 3, nuestro método sigue un enfoque basado en reglas. Por un lado, se crean estructuras "IF-THEN" de un nivel para el diagnóstico de abreviaturas, acortamientos y caracteres especiales y su correspondiente adaptación. Por otro lado, se crean estructuras "IF-THEN" de dos niveles para el diagnóstico o análisis de palabras difíciles y su correspondiente adaptación mediante sinónimos.

4.2 SUPER (Suggesting microPoems in E2R)

SUPER (SUGgesting microPoems in E2R)¹² es una aplicación que sugiere una adaptación a Lectura Fácil de un micropoema original escrito en español. El resultado cumple con un subconjunto de recomendaciones de LF, en concreto, se evita el uso de caracteres especiales (en concreto "#" y "@" para cuestiones de género), abreviaturas, acortamientos y palabras difíciles.

SUPER toma como entrada un micropoema, escrito en español, y devuelve como salida las adaptaciones sugeridas para el micropoema original así como la explicación de las modificaciones realizadas.

La primera acción que realiza SUPER es el análisis de la conformidad con un subconjunto de pautas de LF en el micropoema original. SUPER analiza el micropoema con respecto a la existencia de caracteres especiales, abreviaturas, acortamientos y palabras difíciles. Como ya se ha mencionado en la Sección 3, nuestro método de análisis de micropoemas se basa en técnicas de Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN). Dichas técnicas se han utilizado para realizar la tokenización, el etiquetado PoS (*Part-of-Speech*) y la desambiguación. Estas tareas se han implementado en SUPER utilizando los siguientes recursos externos:

- Babelfy¹³ (Flati y Navigli, 2014) es un servicio de PLN que denota un significado a las palabras y las vincula a la base de conocimientos BabelNet. Babelfy se ha utilizado en SUPER para desambiguar palabras difíciles que aparecen en un micropoema y obtener el sentido

⁹ Esta selección se ha realizado en base a los resultados descritos en la Actividad 1 (Sección 3).

¹⁰ Sin embargo, hemos constatado que la rima del poema original, en la mayoría de los casos en nuestra colección de micropoemas, se mantiene en el poema adaptado (<https://doi.org/10.5281/zenodo.7355550>).

¹¹ La micropoesía, en el contexto de Twitter, es muy flexible y por ello muchos micropoemas son indistinguibles de los tuits ordinarios, excepto que se dividen en líneas aleatorias. Para que un tuit sea un micropoema tiene que parecer un poema o dar la sensación de ser un poema (<https://thehighwindowpress.com/2020/10/29/edward-alport-micropoetry-and-the-twitterverse/>) (Último acceso: 24 de noviembre de 2022)

¹² SUPER ha sido desarrollado en JAVA (Versión 1.8) utilizando la plataforma Eclipse (Eclipse Photon Junio 2018). La organización interna del código de SUPER intenta seguir una estructura de palabra-sentencia-índice inspirada en la estructura del código disponible en <https://bit.ly/2z3fpv5> (Último acceso: 01 de septiembre de 2022). No obstante, se han añadido y tenido en cuenta otros factores; es decir, acortamientos, abreviaturas y caracteres especiales.

¹³ <http://babelfy.org/> (Último acceso: 01 de septiembre de 2022).

semántico correcto de dichas palabras (teniendo en cuenta el contexto de la frase).

- BabelNet¹⁴ (Flati y Navigli, 2014) es un recurso lingüístico que puede considerarse como un diccionario multilingüe que cubre 50 idiomas. BabelNet se ha utilizado en SUPER para obtener un conjunto de sinónimos candidatos para sustituir una palabra difícil, teniendo en cuenta el contexto correcto de dicha palabra. SUPER evalúa el conjunto de candidatos y selecciona un sinónimo que tenga menos sílabas que la palabra compleja original. Dicho sinónimo se sustituye en el micropoema para cumplir con las guías de LF.

La segunda acción que realiza SUPER es la sugerencia de un micropoema nuevo y adaptado que satisfaga el conjunto de pautas de LF seleccionadas. Para proponer la adaptación a lectura fácil, SUPER utiliza un diccionario¹⁵ de abreviaturas y acortamientos en español compuesto por 202 elementos. En general, las adaptaciones sugeridas incluyen principalmente sustituciones morfológicas; sin embargo, en algunas situaciones también se realizan modificaciones semánticas relacionadas fundamentalmente con los sinónimos más adecuados de las palabras identificadas como difíciles. La Tabla 1 presenta tres ejemplos de micropoemas originales, su correspondiente adaptación realizada por SUPER, y los valores de los índices de lecturabilidad implementados en SUPER.

Además de proponer un micropoema nuevo y adaptado que cumpla con las pautas de LF, SUPER calcula un conjunto de métricas de lecturabilidad tanto para el micropoema original como para el adaptado. Estos índices de lecturabilidad pueden servir como medida complementaria para analizar la comprensión lectora de los micropoemas por parte de personas con discapacidades cognitivas. En concreto, SUPER implementa tres índices de lecturabilidad en español: el índice Fernández-Huerta (Flesch, 1948; Kincaid et al., 1975), que es similar al índice de Flesch; Inflesz (Barrio-Cantalejo et al., 2008), cuyos valores indican una relación entre valores más altos y textos más comprensibles; y μ (Baquedano, 2006), cuya interpretación es similar a la puntuación de Inflesz. Las fórmulas seleccionadas se muestran en la Tabla 2. Esta selección se ha realizado con el objetivo de incluir en SUPER las métricas clásicas para medir la comprensibilidad de textos en español (Morato et al., 2018).

Tabla 1: Ejemplos de entrada y salida en SUPER

MICROPOEMA ORIGINAL		
N se cmo haces eso...a pesar d tener puertas y ventnas cerradas,t sigues metiendo cda noxe n mi mente y llenando d ti ms sueños #microcuento		
FH	Inflesz	μ
178,82	76,00	61,94
MICROPOEMA ADAPTADO		
No se como haces eso...a pesar de tener puertas y ventanas cerradas, te sigues metiendo cada noche en mi mente y llenando de ti mis sueños		
FH	Inflesz	μ
178,22	73,69	74,74
MICROPOEMA ORIGINAL		
Cada un@ es único Nadie puede ser tú Nadie es imprescindible, pero sí, para los q nos aman Xq cada esencia es única		
FH	Inflesz	μ
180,62	70,07	63,02
MICROPOEMA ADAPTADO		
Cada uno es único Nadie puede ser tú Nadie es imprescindible, pero sí, para los que nos aman porque cada esencia es única		
FH	Inflesz	μ
180,02	67,36	70,68
MICROPOEMA ORIGINAL		
Es el momento adecuado para revelarte la epifanía más predecible: Eres mi amor verdadero y mi más hermosa serendipia.		
FH	Inflesz	μ
178,82	40,28	57,52
MICROPOEMA ADAPTADO		
Es el hora adecuado para revelarte la epifanía más predecible: Eres mi amor genuino y mi más hermosa serendipia.		
FH	Inflesz	μ
180,02	46,84	58,99

En el diseño de SUPER se han tomado las siguientes decisiones con respecto al cálculo de los elementos necesarios para el cálculo de cada uno de los índices de lecturabilidad seleccionados:

- SUPER no cuenta como palabra los conjuntos de letras que contienen hipervínculos, el símbolo @ o hashtags (#). Se ha tenido especial cuidado en no añadir elementos no lingüísticos¹⁶ que estén separados de un conjunto de letras (por ejemplo, signos como ! o ?). Esta decisión se ha tomado como inspiración del trabajo de investigación realizado en (Davenport y DeLine, 2014).
- Para calcular el número de sílabas que contiene el micropoema, SUPER utiliza una separación gramatical,

¹⁴ <https://babelnet.org/> (Último acceso: 01 de septiembre de 2022).

¹⁵ Este diccionario ha sido desarrollado en el contexto del proyecto utilizando diferentes recursos *on-line* sobre abreviaturas y acortamientos que más se usan en Twitter y en aplicaciones de mensajería instantánea.

¹⁶ Los elementos no lingüísticos que se han considerado son: "-", "...", ":", "+", "!", ". En el caso del símbolo "+", en español significa 'más' y se ha contado como una palabra.

considerando los diptongos y los hiatos. El número de sílabas contabilizadas del conjunto de letras que no se consideran palabras se resta del número total de sílabas para saber cuál es el número real de sílabas¹⁷. Además, para el índice Fernández-Huerta, también se calcula la media de sílabas por cada 100 palabras.

- Por otro lado, en el cálculo del número de frases, cabe mencionar que sólo se considera una frase cuando el micropoema incluye puntos; mientras que en el caso de que el micropoema no tenga punto final, se cuenta como una frase más. Además, se calcula la media de oraciones por cada 100 palabras.
- Por último, para el índice μ , SUPER calcula la media y la varianza de letras. En este caso, SUPER calcula la desviación al cuadrado del número de letras por palabra respecto a su media.

Cabe mencionar que todas las puntuaciones de lecturabilidad calculadas por SUPER para un micropoema concreto y para su correspondiente adaptación sugerida se incluyen en el archivo de salida proporcionado por SUPER.

Tabla 2: Índices de lecturabilidad implementados en SUPER

ÍNDICES DE LECTURABILIDAD	
Fernández-Huerta (FH)	$FH = 206.84 - (0.6 \cdot SY) - 1.02 \cdot (1.02 \cdot S)$ SY = número de sílabas por cada 100 palabras; S = número de oraciones por cada 100 palabras.
Inflesz	$INFZ = 206.835 - 62.3 \cdot \frac{SY}{W} - \frac{W}{S}$ W = número de palabras S = número de oraciones SY = número de sílabas
μ index	$\mu = \left(\frac{W}{W-1} \right) \left(\frac{\bar{x}}{\sigma^2} \right) \cdot 100$ W = número de palabras, $\bar{x}$ = promedio de letras por palabra, σ^2 = varianza del número de letras

5. Evaluación de la propuesta

El protocolo seguido para validar SUPER se ha basado en una doble evaluación. Por un lado, cuantitativa, teniendo en cuenta las puntuaciones obtenidas por diferentes índices de lecturabilidad. Y, por otro lado, cualitativa, realizando un estudio basado en usuarios con discapacidad cognitiva para analizar su mejora en la comprensión lectora.

5.1 Evaluación basada en índices de lecturabilidad

5.1.1 Diseño del experimento

Para nuestro experimento, hemos creado una colección de micropoemas escrita en español. Considerando únicamente

micropoemas disponibles en Twitter, la búsqueda realizada incluyó la mención “@MicroPoesia” y los hashtags “#microcuento”, “#micropoesia”, “#escribirparaincluir”¹⁸, “#microverso”, y “#micropoema”. El tema principal en el que nos centramos para dicha colección es el amor. Esta decisión se basó en la idea de que los textos escritos que contienen palabras familiares deberían ser más fáciles de leer, lo que podría implicar un efecto de fluidez (Alter y Oppenheimer, 2009). Por dicho motivo, incluimos en nuestras búsquedas “(corazón OR amor)”. La recopilación de micropoesías se ha realizado en marzo de 2020 de forma manual y aleatoria. Eliminamos asimismo aquellos micropoemas que incluían faltas de ortografía, palabras malsonantes y/o tonos inapropiados. Como resultado de este proceso de recopilación, la colección incluye 35 micropoemas extraídos de Twitter que no superan las 30 palabras. En general, están dirigidos a un público adolescente. Sin embargo, en los micropoemas se utiliza un lenguaje formal e informal, por lo que la colección es suficientemente heterogénea.

5.1.2 Resultados

La evaluación cuantitativa ha requerido dos tareas iniciales, ambas realizadas usando SUPER: (a) la obtención de adaptaciones de los micropoemas incluidos en la colección descrita en la Sección 5.1.1; y (b) el cálculo de los índices de lecturabilidad correspondientes tanto para los micropoemas originales como para los adaptados. Dicha colección de micropoemas así como los valores de lecturabilidad para cada uno de los índices implementados en SUPER están disponibles en línea¹⁹.

Con los datos de evaluación, hemos analizado si la adaptación realizada en un micropoema, basada en las pautas de LF, tiene una implicación real en los valores de lecturabilidad de los micropoemas adaptados con respecto al original. Para realizar este análisis, los resultados que se presentan en esta sección no son las puntuaciones de lecturabilidad calculadas por SUPER, sino la correlación entre las puntuaciones del micropoema original y del adaptado. En concreto, los resultados muestran para cuántos micropoemas un índice de lecturabilidad específico ha mejorado, no ha mejorado, no ha cambiado o no se ha calculado al pasar de un estado a otro.

Así, según la explicación anterior, presentamos los diferentes resultados comparativos, en forma de tabla (Tabla 3). En dicha tabla utilizamos la siguiente notación: M = Los resultados han mejorado; NM = Los resultados no han mejorado; I = Los resultados son iguales; y NC = No ha habido ningún cambio en

¹⁷ Este método ha sido extraído de “Separador de sílabas” (E. Duke) disponible en <https://cutt.ly/XCIA8HZ> (Último acceso: 01 de septiembre de 2022).

¹⁸ Hashtag unido al concurso de microrrelatos en Twitter organizado por la Fundación Síndrome de Down de Madrid para dar visibilidad a las obras literarias de jóvenes con discapacidad intelectual. Se ha considerado conveniente su uso en la búsqueda de micropoemas por su relación con la discapacidad intelectual.

¹⁹ <https://doi.org/10.5281/zenodo.7355550>

los micropoemas²⁰. Es importante señalar que cuando los resultados son iguales (I), significa que, aunque se hayan realizado modificaciones, el número de palabras y sílabas sigue siendo el mismo.

Como ya se explicó en la Sección 5.1.1, la colección está compuesta por 35 micropoemas extraídos de Twitter. De esta colección, SUPER sugirió adaptaciones para 27 micropoemas; por lo tanto, los 8 restantes no se han incluido en el análisis.

Asimismo, en la Tabla 3 vemos que hay mucha diferencia entre los micropoemas que han mejorado en los índices Fernández-Huerta e Inflesz con los que han mejorado según el índice μ . Esto puede deberse a que los dos primeros índices se utilizan normalmente para calcular la lecturabilidad en textos más extensos. En este conjunto de micropoemas, el índice que mejor representa que se ha realizado una adaptación a lectura fácil es el índice μ . Según dicho índice, 23 micropoemas de 27 mejoraron su puntuación al pasar del estado original a la adaptación. Esto significa que evitar el uso de abreviaturas, acortamientos o palabras difíciles, así como considerar el tratamiento particular de los caracteres especiales "#" y "@", implica una mejor puntuación del índice μ para los micropoemas adaptados.

Tabla 3: Comparación de los índices de lecturabilidad de los micropoemas.

Índices	Original - Adaptación			
	M	NM	I	NC
FH	5	19	3	0
Inflesz	7	18	2	0
μ	23	4	0	0

5.1.3 Interpretación de los resultados

Mediante la evaluación realizada en este trabajo, nuestro objetivo era responder a la siguiente pregunta de investigación "PI2. ¿Mejora la puntuación de lecturabilidad del micropoema adaptado en comparación con la del micropoema original, calculando diferentes índices de lecturabilidad?". En otras palabras, nuestro objetivo principal era analizar si la adaptación realizada en un micropoema, basada en pautas de LF, tiene una implicación real en los valores de lecturabilidad del poema adaptado con respecto al original.

Como respuesta a esta pregunta de investigación, podemos indicar que, en concreto, la puntuación del índice de lecturabilidad μ es mejor en el micropoema adaptado a lectura fácil que en el micropoema original. Por lo tanto, modificar los micropoemas originales cambiando las abreviaturas,

acortamientos, y las palabras complejas por otras unidades lingüísticas que cumplan con la metodología de Lectura Fácil, eliminar las palabras afectadas por el carácter especial "#", y sustituir el carácter "@" por el indicativo de género adecuado, tiene un impacto en las puntuaciones de lecturabilidad del índice μ . Esto significa que los micropoemas adaptados son más fáciles de entender.

5.2 Evaluación basada en usuarios con discapacidad cognitiva

Con el objetivo de evaluar si SUPER mejora la comprensión de micropoemas, decidimos involucrar a un grupo reducido de personas con discapacidad cognitiva como parte de un estudio preliminar. Para realizar esta evaluación, se utilizó la técnica de la encuesta en forma de cuestionario on-line²¹, con el fin de comparar pares de micropoemas (texto original y su versión adaptada por SUPER) en términos de comprensión lectora.

5.2.1 Diseño del cuestionario

El cuestionario se ha diseñado para incluir preguntas de diferente índole, basadas en las técnicas para medir la comprensibilidad expuestas en la Sección 2.2.2. En la Tabla 4 se muestra la relación entre las preguntas del cuestionario con respecto a la técnica en la que se fundamenta. Además, con el fin de analizar los datos extraídos de una manera clara y organizada, hemos agrupado las preguntas según las diferentes dimensiones que se quieren evaluar. Dichas dimensiones son: (a) autoevaluación de la comprensión, (b) vocabulario, y (c) interpretación del micropoema.

Tabla 4: Preguntas del cuestionario y técnica asociada

Pregunta		Tipo de técnica
1	¿Tienes algún problema para entender este poema?	Recuerdo inducido
2	¿Cuál es tu problema?	Recuerdo libre
3	¿Hay palabras difíciles de comprender en este poema?	Recuerdo inducido
4	¿Cuáles son las palabras que no entiendes del poema?	Recuerdo libre / Macroestructura
5	¿Habías leído/oido estas palabras alguna vez?	Recuerdo inducido / Vocabulario
6	¿Qué piensas que significa el poema?	Recuerdo inducido / Macroestructura
7	Explica lo que entiendes del poema.	Recuerdo libre / Macroestructura
8	¿Qué has sentido al leer este poema?	Recuerdo inducido
9	¿Qué normas de lectura fácil no cumple este poema?	Recuerdo libre

Autoevaluación de la comprensión. Esta dimensión nos ayuda a conocer si los participantes creen que tienen algún tipo de problema al leer el micropoema. Para cubrir esta dimensión se consideran las preguntas 1 y 2: la primera pregunta es una pregunta cerrada (binaria del tipo Sí/No); mientras que la

²⁰ Por lo tanto, no se puede decir que los resultados hayan mejorado, empeorado o permanecido igual.

²¹ Un ejemplo de cuestionario (relativo a un poema original) se encuentra disponible en <https://doi.org/10.5281/zenodo.7355550>.

segunda es una pregunta abierta en la que el participante responde libremente.

Vocabulario. En esta dimensión se busca analizar tanto el textismo relacionado con las palabras difíciles o complejas como los conocimientos de vocabulario de los participantes. Con este fin, el cuestionario incluye las preguntas 3, 4 y 5 en las que el participante responde de manera abierta qué tipo de vocabulario le ha resultado complejo.

Interpretación del micropoema. Esta dimensión está orientada a corroborar que la respuesta de los participantes a la primera pregunta de autoevaluación es satisfactoria y que realmente hay una mejora en la comprensión de los micropoemas adaptados por SUPER. Por ello, decidimos incluir en el cuestionario las preguntas 6 y 7. En la pregunta 6, los participantes eligen entre cuatro opciones dadas sobre su interpretación del micropoema, con el objetivo de extraer relaciones entre lo que creen que entienden (autoevaluación) y lo que realmente han entendido (interpretación del contenido). De estas cuatro opciones, una es correcta, otra es una interpretación absurda, otra es incorrecta o contraria a la correcta y la última es “No lo sé”. Por otro lado, en la pregunta 7, de respuesta libre, los participantes pueden exponer con sus propias palabras lo que han entendido del micropoema.

Las preguntas 8 y 9 no se incluyen en ninguna dimensión de las mencionadas anteriormente, pues no están relacionadas directamente con la comprensión lectora. En el caso de la pregunta 8, los participantes eligen qué emoción les ha evocado el micropoema entre 8 emociones proporcionadas (Diab y Suárez-Figueroa, 2022). Por otro lado, la pregunta 9, dado que la muestra de participantes ha trabajado en otras ocasiones con textos en lectura fácil y está familiarizada con la metodología de LF, nos sirve para conocer qué pautas de LF no se cumplen en cada micropoema.

Para evaluar el corpus de micropoemas descrito en la Sección 5.1.1, se han creado dos cuestionarios por cada micropoema: uno para su versión original y otro para su versión adaptada por SUPER. Cabe destacar que solamente se han creado cuestionarios para aquellos micropoemas en los que SUPER realiza alguna modificación. De este modo, se han creado cuestionarios para 20 micropoemas.

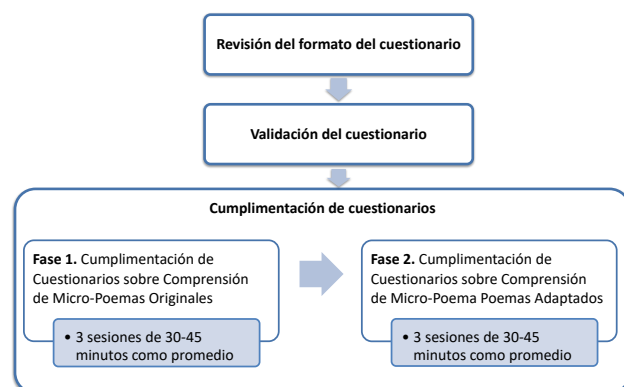


Figura 1: Actividades principales del estudio

5.2.2 Desarrollo del estudio

La Figura 1 muestra de forma resumida las principales actividades realizadas como parte del estudio preliminar sobre comprensión lectora con grupo reducido de personas con discapacidad cognitiva.

En primer lugar, los responsables del estudio crearon una versión borrador del cuestionario²². Dicho borrador fue revisado en detalle por un profesional de apoyo experto en lectura fácil. Todos los cambios propuestos por dicho profesional fueron incluidos en el cuestionario. Posteriormente, el cuestionario modificado fue validado tanto por los participantes en el estudio (validadores con discapacidad intelectual) como por el profesional de apoyo. Esta validación se realizó en dos sesiones de una hora aproximadamente. Como resultado de la validación se obtuvieron un conjunto de propuestas de mejora, que fueron implementadas en el cuestionario por los responsables del estudio. Una de las mejoras a destacar ha consistido en mantener siempre el micropoema objeto de estudio en la cabecera de las preguntas del cuestionario para suplementar la falta de memoria de algunos validadores.

Una vez finalizada esta fase previa, se comienza la cumplimentación de los cuestionarios. Dicha cumplimentación se ha desarrollado en dos fases separadas temporalmente; la primera fase se ha centrado en los micropoemas originales, mientras que la segunda se ha realizado con los micropoemas adaptados por SUPER. Cada una de estas fases se ha dividido en tres sesiones de 30-45 minutos como promedio. La primera fase (cumplimentación de cuestionarios sobre micropoemas originales) se desarrolló del 1 de marzo de 2021 al 19 de marzo del 2021; mientras que la segunda fase (cumplimentación de cuestionarios sobre micropoemas adaptados por SUPER) tuvo lugar del 7 de mayo de 2021 al 2 de junio de 2021.

Los participantes han cumplimentado los cuestionarios de forma individual en un ordenador sin limitación del tiempo. Para ello, el profesional de apoyo experto en lectura fácil involucrado en el estudio envió los enlaces a los cuestionarios a los correos personales de los participantes. Además, es importante señalar que la cumplimentación ha sido realizada de manera presencial en un aula para evitar posibles influencias de otros sujetos del entorno de los participantes. El proceso de cumplimentación de cuestionarios ha sido supervisado por el profesional de apoyo, pero sin intervención en el trabajo personal de cada participante.

5.2.3 Participantes

La muestra de participantes estaba formada por un equipo de 7 validadores de ACCEDES²³ con discapacidad intelectual que

²² Utilizando Google Forms
(<https://www.google.es/intl/es/forms/about/>)

²³ <https://accedes.es/> (Último acceso: 02 de septiembre de 2022)

ya habían evaluado textos de lectura fácil en otras ocasiones. La mayoría de ellos (5 de los 7) eran españoles y su edad oscilaba entre los 25 y los 51 años. Tres de los participantes eran hombres, tres eran mujeres y uno de ellos no se identificaba con ningún género. En cuanto a su comprensión lectora, 2 tenían un nivel bajo, 3 un nivel medio y 2 presentaban un nivel alto.

5.2.4 Resultados

Autoevaluación de la comprensión. En cuanto a la pregunta 1 del cuestionario "¿Tienes algún problema para entender el micropoema?", analizamos las respuestas por cada micropoema en su versión original y en su versión adaptada. Para ello, calculamos el porcentaje de respuestas "Sí" y "No" aportadas por los participantes. Los resultados de las respuestas "Sí" se muestran en la Tabla 4. Cada columna (exceptuando la primera, relativa al identificador de cada micropoema), recoge el porcentaje de respuestas de los participantes que sí han tenido problemas al entender el micropoema. Cuanto más elevado es el porcentaje, más participantes han presentado problemas de entendimiento (es decir, han escogido la respuesta "Sí"). Por tanto, comparando los micropoemas originales (Fase 1) y adaptados (Fase 2), en el 60% de los micropoemas adaptados (12 de 20) el porcentaje de respuestas "Sí" es inferior en relación con su correspondiente micropoema original. Esto significa que en más de la mitad de los micropoemas adaptados por SUPER los participantes presentaron menos problemas de entendimiento.

Tabla 4: Porcentajes de respuestas "Sí" a la pregunta de autoevaluación "¿Tienes algún problema para entender el micropoema?"

Micropoema	Fase 1 (Original)	Fase 2 (Adaptado)
1	14,3%	33,3%
2	42,9%	50,0%
3	71,4%	33,3%
4	57,1%	33,3%
5	57,1%	33,3%
6	42,9%	62,7%
7	16,7%	33,3%
8	50,0%	66,7%
9	50,0%	33,3%
10	50,0%	33,3%
11	28,6%	0,0%
12	42,9%	28,6%
17	57,1%	66,7%
21	50,0%	33,3%
22	40,0%	57,1%
23	33,3%	14,3%
24	33,3%	28,6%
25	40,0%	57,1%
26	50,0%	42,9%
27	50,0%	28,6%

En cuanto a la pregunta 2 "Si has tenido algún problema para entender el micropoema, ¿cuál es tu problema?", los participantes podían responder abiertamente a los problemas específicos que habían encontrado en la lectura. Hemos agrupado sus comentarios en los siguientes problemas: uso de abreviaturas, uso de símbolos, uso de vocabulario complejo, falta de claridad, problemas con los signos de puntuación, uso

de un formato confuso y uso de adverbios con sufijo "-mente". Llama la atención que del total de los 37 comentarios obtenidos en la primera fase del estudio con los micropoemas originales, 14 apuntaban al uso de abreviaturas; mientras que en la segunda fase con los micropoemas adaptados, los comentarios se distribuyeron uniformemente entre el resto de categorías ya que SUPER corrigió completamente el uso de abreviaturas en la adaptación de los micropoemas. Dentro de estas categorías, las dos más señaladas fueron la falta de claridad (33% de los comentarios) y cuestiones relativas a los signos de puntuación (45% de los comentarios).

Vocabulario. En este caso, tanto en la primera como en la segunda fase, toda la colección de micropoemas presentaba palabras difíciles de entender. Agrupamos las tipologías de palabras encontradas por los participantes en 6 grupos: abreviaturas, símbolos, palabras cortas (palabras con tres o menos sílabas), palabras largas (aquella con más de tres sílabas), adverbios terminados en *-mente* y expresiones complejas (por ejemplo, locuciones o modismos). Observamos que en el caso de las abreviaturas y los símbolos, como SUPER corrige el 100% de ellos en la adaptación, los participantes ya no consideran estos elementos como problemáticos en la comprensión lectora en la Fase 2.

El resto de casos corresponde a:

- 6 palabras cortas: *mudez, sellaron, esencia, excepción, morar y susurro*
- 8 palabras largas: *imprescindible, imperfecciones, serendipia, epifanía, revelarte, epígrafe, acosaría y reconfortarse*
- 2 adverbios terminados en *-mente*: *erróneamente e intensamente*
- 2 expresiones complejas: *a sabiendas de y dejando a la vista*

Para este conjunto de palabras (identificadas por los participantes como difíciles), SUPER no ha realizado ninguna adaptación ya que los recursos externos utilizados (Babelfy y BabelNet) no proporcionaron ningún sinónimo para dichas palabras.

Por otro lado, en relación a la pauta de la metodología de LF relativa al uso del lenguaje frecuente, analizamos la frecuencia de uso de estas palabras problemáticas. Para ello, buscamos las palabras en la lista proporcionada por la Real Academia Española (RAE)²⁴, donde se enumeran las palabras del Corpus de Referencia del Español Actual (CREA)²⁵ por orden de frecuencia de uso (de más frecuente a menos frecuente en orden descendente). Gracias a ello, observamos que estas palabras se sitúan en un rango entre las 75.000 y las 85.000 palabras más frecuentes del español. Teniendo en cuenta que el

²⁴ <https://www.rae.es/> (Último acceso: 05 de septiembre de 2022).

²⁵ <https://www.rae.es/banco-de-datos/crea> (Último acceso: 05 de septiembre de 2022).

Diccionario de la RAE recoge unas 93.000 palabras, y que un hablante estándar de español puede conocer unas 30.000 palabras (Aguasvivas et al., 2020), la frecuencia de uso de las palabras complejas identificadas por los participantes es notablemente baja.

Interpretación del micropoema. El procedimiento que realizamos en el análisis de esta parte es el mismo que en la parte de la autoevaluación. Es decir, analizamos el número de respuestas correctas e incorrectas (las respuestas absurdas y la opción "No lo sé" se trataron como incorrectas). Los datos analizados en estas respuestas se presentan en la Tabla 5. De igual manera que en la Tabla 4, en este caso cada columna (exceptuando la primera) recoge el porcentaje de respuestas correctas por parte de los participantes. Cuanto más elevado es el porcentaje, más participantes han seleccionado la respuesta correcta. De esta manera, los resultados revelan que en comparación con los micropoemas originales de la Fase 1, en el 70% de los micropoemas adaptados (14 de 20) el porcentaje de acierto de las respuestas de los participantes aumenta. Además, analizamos con detalle el porcentaje de respuestas correctas de cada participante individualmente y observamos que en la segunda fase 5 de los 7 usuarios aumentaron el número de respuestas correctas sobre la interpretación global de la colección de micropoemas.

Tabla 5: Porcentajes de respuestas correctas en la pregunta de interpretación del micropoema ("¿Qué piensas que significa el poema?")

Micropoema	Fase 1 (Original)	Fase 2 (Adaptado)
1	28,6%	33,3%
2	33,3%	66,7%
3	57,1%	83,3%
4	71,4%	100,0%
5	42,9%	66,7%
6	57,1%	66,7%
7	83,3%	83,3%
8	50,0%	66,7%
9	33,3%	83,3%
10	33,3%	83,3%
11	71,4%	71,4%
12	57,1%	42,9%
17	0,0%	50,0%
21	50,0%	66,7%
22	80,0%	71,4%
23	16,7%	71,4%
24	50,0%	71,4%
25	80,0%	42,9%
26	50,0%	28,6%
27	66,7%	85,7%

5.2.5 Interpretación de los resultados

Los resultados indican que, en general, el conjunto de micropoemas adaptados presenta un mayor grado de comprensión lectora por parte de los participantes. En concreto, tras analizar y comparar los resultados, podemos extraer diferentes conclusiones:

- **Autoevaluación de la comprensión e interpretación del micropoema.** Para analizar si existe una relación entre lo que los participantes creen entender y lo que realmente entienden sobre el micropoema, comparamos la pregunta de recuerdo inducido sobre la autoevaluación con la pregunta de recuerdo inducido sobre la interpretación. De esta manera, observamos que de los 8 micropoemas en los que los participantes no presentaban problema de comprensión en la pregunta de autoevaluación, en 5 micropoemas los participantes mejoran su comprensión en la pregunta de interpretación. Así, podemos deducir que los participantes comprenden mejor (según la interpretación) de lo que creían en un primer momento en la autoevaluación.
- **Conocimiento del vocabulario y problemas identificados en la autoevaluación de la comprensión.** Dado que hemos seleccionado micropoemas que contienen los denominados textismos (como abreviaturas y símbolos) para analizar nuestra herramienta, en la pregunta de vocabulario la mayoría de los participantes señalaron estos fenómenos lingüísticos como palabras difíciles, por lo que la complejidad en este caso tiene más que ver con aspectos ortográficos que con la frecuencia o la semántica. Como hemos mencionado, en el caso de la bolsa de palabras difíciles señaladas por los participantes observamos que su frecuencia de uso es baja. Sin embargo, no consideramos este factor como determinante en la comprensión de los textos ya que no es un número significativo de palabras. También cabe mencionar que dentro de esta bolsa de palabras encontramos palabras largas y adverbios terminados en *-mente*. Ambos tipos de palabras corresponden a casos que la metodología de LF trata de evitar en la creación de textos de fácil lectura. Por tanto, al ser los participantes validadores de dicha metodología, podemos correr el riesgo en este caso de que la selección de estas palabras esté sesgada por el conocimiento de los participantes respecto al incumplimiento de la metodología de LF.
- **Cumplimiento de las pautas de LF en relación con la autoevaluación de la comprensión.** Los resultados de la pregunta sobre la metodología de LF no son inesperados, ya que están directamente relacionados con las cuestiones que se han tratado en la autoevaluación de los participantes. En el caso de los micropoemas originales de la Fase 1, la pauta más identificada está relacionada con evitar el uso de abreviaturas, seguida de la pauta de evitar el uso de símbolos. Gracias a SUPER, que corrige el 100% de los casos, estas pautas ya no son identificadas por los participantes en la Fase 2. Por el contrario, para los micropoemas de la Fase 2, las pautas más seleccionadas tienen que ver con el uso del punto y coma y la elipsis, aspectos que SUPER aún no aborda.

6. Conclusiones y trabajo futuro

El trabajo de investigación que se presenta en este artículo se centra en el desarrollo de un método y una aplicación que sugieran un conjunto de adaptaciones sobre micropoemas escritos en castellano que no se ajustan a la Metodología de Lectura Fácil (LF). El método y la aplicación se basan técnicas de Inteligencia Artificial (IA) simbólica, como la representación de conocimiento y el procesamiento de lenguaje natural clásico.

Nuestro trabajo de investigación se ha basado en tres preguntas de investigación:

- PI1: ¿Podemos utilizar métodos y técnicas basados en IA simbólica y/o subsimbólica para transformar un micropoema original en uno adaptado que cumpla con la Metodología de Lectura Fácil?
- PI2: ¿Mejora la puntuación de lecturabilidad del micropoema adaptado en comparación con la del micropoema original, calculando diferentes índices de lecturabilidad?
- PI3: ¿Mejora la comprensión lectora del micropoema adaptado en comparación con la del micropoema original por parte de personas con discapacidad cognitiva?

A lo largo de este trabajo hemos demostrado que el uso de métodos y técnicas específicos basados en la IA simbólica, como las reglas y el Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN), ha hecho posible la creación de un método y el desarrollo de una aplicación llamada SUPER (SUGgesting microPoems in E2R) para sugerir adaptaciones en LF de micropoemas que en su forma original no cumplían con la Metodología de Lectura Fácil. En este sentido, hemos podido responder a nuestra primera pregunta de investigación (PI1). Con esta aportación, se puede considerar que hemos realizado algunos avances pioneros para ayudar a las personas con discapacidades cognitivas en su tiempo de ocio, y más concretamente para ayudarles a entender micropoemas.

Además de los beneficios para la comunidad de personas con discapacidades cognitivas, SUPER también podría convertirse en: (1) una herramienta educativa útil en un aula de lenguas extranjeras, donde los estudiantes con un conocimiento limitado de una lengua meta pueden apoyarse en SUPER para adaptar los micropoemas con el objetivo de comprenderlos mejor; (2) una herramienta editorial para aquellos autores que escriben micropoemas y tienen la intención de proporcionar también una versión de dicha pieza literaria según las pautas de la metodología de Lectura Fácil; o, (3) considerando el estado actual de SUPER, una herramienta aprovechable en adaptaciones a LF de tuits o mensajes cortos en general.

Con respecto a la segunda pregunta de investigación (PI2), hemos calculado las puntuaciones de lecturabilidad de los micropoemas, considerando que los índices de lecturabilidad

son, de manera parcial, indicadores de la comprensibilidad de un texto. Tras los experimentos realizados, podemos concluir que la sustitución de abreviaturas, acortamientos, y palabras complejas por otras unidades lingüísticas conformes con la Metodología de LF así como el tratamiento de los caracteres especiales "#" y "@" implica una mejora de los índices de lecturabilidad de los micropoemas adaptados a lectura fácil con respecto a los micropoemas originales. Es decir, los micropoemas adaptados son más legibles desde una perspectiva humana; sin embargo, necesitamos realizar más experimentos con diferentes puntuaciones de lecturabilidad para extraer conclusiones más claras. En particular, habría que ejecutar más experimentos para analizar si los índices de Fernández-Huerta e Inflesz son adecuados para los micropoemas.

Asimismo, la respuesta a nuestra tercera pregunta de investigación (PI3) también resulta favorable según la evaluación de SUPER. Como hemos analizado en la Sección 5.2, por un lado hemos observado que, gracias a las respuestas obtenidas tanto en la autoevaluación como en la interpretación de los micropoemas, los participantes experimentan una notable mejora en la comprensión lectora de los micropoemas adaptados por SUPER. Por otro lado, vemos que la gran parte de los participantes considera que el uso de abreviaturas y acortamientos es una de las problemáticas principales en el entendimiento de los micropoemas, por lo que podemos deducir que parece existir una correlación directa entre las respuestas del estudio de usuarios y la mejora de los índices de lecturabilidad al sustituir este tipo de elementos.

A pesar de que se han realizado algunos avances con el trabajo presentado en este artículo, tenemos planes específicos para continuar esta labor de investigación. Actualmente, estamos trabajando en la mejora de algunas características en SUPER, como el método para proponer el mejor sinónimo a una palabra difícil encontrada en un micropoema así como en el diseño e implementación de una interfaz accesible para SUPER. También estamos realizando el análisis de correlación entre los datos relativos a los índices de lecturabilidad y los datos obtenidos en el estudio con personas con discapacidad cognitiva.

A medio y largo plazo, nuestros esfuerzos se centrarán en explorar nuevas posibles vías de adaptación manteniendo aspectos formales de la poesía como la métrica, la rima o la prosodia, ya que de momento SUPER no contempla estas cuestiones formales en sus adaptaciones a lectura fácil. Además, en el contexto de la evaluación de SUPER, analizaremos la utilización de métricas para la transformación de textos paralelos, como ROUGE y BLEU.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación se ha realizado en el contexto del proyecto "In code blood: Enhancing the accessibility of micro-literature through a semi-automatic computer tool". Este

proyecto ha sido financiado por el "Artificial Intelligence in the World of Languages Programme (University of Oxford) (2019)". Queremos agradecer a Paula Pérez Sobrino su tesón en la consecución del proyecto mencionado y su gran trabajo

durante el desarrollo del mismo. También nos gustaría agradecer la ayuda, el apoyo y los comentarios de Iván Martínez y Arminda Moreno.

Referencias

- AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación. (2008). Lectura fácil. pautas y recomendaciones para la elaboración de documentos (UNE 153101:2018 EX)
- Aguasvivas, J., Carreiras, M., Brysbaert, M., Mander, P., Keuleers, E. & Duñabeitia, J.A. (2020). How do Spanish speakers read words? Insights from a crowdsourced lexical decision megastudy. *Behav Res*, 52, pp. 1867-1882 DOI: <https://doi.org/10.3758/s13428-020-01357-9>
- Alter, A. L., & Oppenheimer, D. M. (2009). Uniting the tribes of fluency to form a metacognitive nation. *Personality and Social Psychology Review*, 13, pp. 219-235
- Baquedano, M.M. (2006). Legibilidad y variabilidad de los textos. *Boletín de Investigación Educativa*, 21, pp. 6-17
- Barrio-Cantalejo, I., Simón-Lorda, P., Melguizo, M., Escalona, I., Marijuán, M.I. & Hernando, P. (2008) Validación de la Escala INFLESZ para evaluar la legibilidad de los textos dirigidos a pacientes. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 31(2), p. 138
- Bott, S. & Saggion, H. (2012). Automatic Simplification of Spanish Text for e-Accessibility. *International Conference on Computers for Handicapped Persons (ICCHP 2012)*
- Bott, S., Rello, L., Drndarevic, B. & Saggion, H. (2012). Can Spanish Be Simpler? LexSiS: Lexical Simplification for Spanish. En: *Proceedings of COLING 2012*. The COLING 2012 Organizing Committee
- Chiang, W.-C., Englebrecht, T.D., Phillips, T.J. & Wang, Y. (2008). Readability of financial accounting principles textbooks. *The Accounting Educators' Journal*, 18, pp. 48-80
- Dale E. & Chall, J. A. (1948). Formula for Predicting Readability. *Educational Research Bulletin* 27
- Davenport, J. & DeLine, R. (2014). The readability of tweets and their geographic correlation with education. ArXiv. *Social and Information Networks* (cs.SI)
- Diab, I. & Suárez-Figueroa, M.C. (2022). Shall the Easy-to-Read Adaptation of Micropoems Affect Emotions?. *International Conference on Computers Helping People with Special Needs (ICCHP-AAATE 2022)*
- Fernández Huerta, J. (1959). Medidas sencillas de lecturabilidad. *Consigna*, 214, pp. 29-32
- Figueroa Bates, C. (2014). Pragmática de la puntuación y nuevas tecnologías. *Normas (Revista de estudios lingüísticos hispánicos)*, 4, pp. 135-160
- Flati, T. & Navigli, R. (2014). Three Birds (in the LLOD Cloud) with One Stone: BabelNet, Babelfy and the Wikipedia Bitaxonomy. *SEMANTICS*
- Flesch, R. (1948). A new readability yardstick. *Journal of Applied Psychology*, 32, pp. 221-233
- Fry, E. (1963). *Teacher Faster Reading*. London: Cambridge Press
- Gregory, H. (2011). Using Poetry to Improve the Quality of Life and Care for People with Dementia: A Qualitative Analysis of the Try to Remember Programme. *Arts & Health: An International Journal for Research, Policy and Practice*, 3(2), pp. 160-172
- Gunning, R. (1952). *The technique of clear writing*. New York, NY, McGraw-Hill International book Co.
- IFLA: Federación Internacional de Asociaciones de Bibliotecarios y Bibliotecas. (2010). Guidelines for Easy-to-Read Materials. *International Federation of Library Association and Institutions IFLA Professional Reports* 120
- Inclusion Europe. (2009). Information for All. European standards for making information easy to read and understand.
- Jones, M.J. (1997). Methodological themes: Critical appraisal of the Cloze procedure's use in the accounting domain. *Accounting, Auditing and Accountability Journal* 10(1), pp. 105-128
- Kidd, I.I., Zauszniewski, J. A. & Morris, D. L. (2011). Benefits of a Poetry Writing Intervention for Family Caregivers of Elders with Dementia. *Issues in Mental Health Nursing* 32(9), pp. 598-604
- Kincaid, J.P., Fishburne Jr., R.P., Rogers, R.L., & Chissom, B.S. (1975). Derivation of new readability formulas (automated readability index, fog count and flesch reading ease formula) for navy enlisted personnel Technical Report. *DTIC Document*.
- Laufer, B. (2013). Lexical Thresholds for Reading Comprehension: What They Are and How They Can Be Used for Teaching Purposes. *TESOL Quarterly* 47(4), pp. 867-872
- Mata, F. S., Ortega, J. L. G., & Mieres, C. G. (2007). Habilidades lingüísticas y comprensión lectora. Una investigación empírica. *Bordón: Revista de pedagogía*, 59, pp. 153-166
- Matausch, K. & Nietzio, A. (2013). Easy-to-read and plain language: Defining criteria and refining rules. In: Miesenberger, K., Petz, A., Matausch, K., editors. *W3C WAI Symposium on Easy-to-Read on the Web* 2012
- McLaughlin, G.H. (1969). SMOG Grading- a New Readability Formula. *Journal of Reading*, 12(8), pp. 639-646
- Morato, J., Sánchez-Cuadrado, S., & Gimmelli, P. (2018). Estimación de la comprensibilidad en paneles de museos. *Profesional De La información*, 27(3), 570-581. <https://doi.org/10.3145/epi.2018.may.10>

- Moreno, L., Alarcón, R. & Martínez, P. (2020). EASIER system. Language resources for cognitive accessibility. En: *The 22nd International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility. ASSETS '20*. Virtual Event, Greece: Association for Computing Machinery, 2020, pp. 1–3
- Nietzio, A., Scheer, B. & Bühler, C. (2012). How Long Is a Short Sentence? - A Linguistic Approach to Definition and Validation of Rules for Easy-to-Read Material. *International Conference on Computers for Handicapped Persons (ICCHP 2012)*
- Norvig, P. & Russell, S. J. (2021). Artificial Intelligence: A modern approach (4th Edition). Pearson Global Editions. ISBN: 9781292401133; ISBN ebook: 9781292401171
- Oelke, D., Spretke D., Stoffel, A. & Keim, D. (2010). Visual readability analysis: How to make your writings easier to read. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. DOI: 10.1109/VAST.2010.5652926
- Olaizola, A. (2018). Bots sociales literarios y autoría. Un aporte desde la retórica digital. *Virtualis: Revista de Cultura Digital*, 9 (17), ISSN-e 2007-2678, pp. 237-259.
- Padgett, R. (1987). Ed. Handbook of Poetic Forms. Teachers and Writers Collaborative, New York, N.Y. ISBN-0-915924-23-487
- Ramos Gutiérrez, J.A. (1998). Enseñanza de la comprensión lectora a personas con déficits cognitivos. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid
- Rello, L., Baeza-Yates, R. & Saggion, H. (2013). DysWebxia: Textos más Accesibles para Personas con Dislexia. *Procesamiento del Lenguaje Natural*, 51, pp. 205–208
- Rello, L., Baeza-Yates, R., Dempere, L. & Saggion, H. (2013). Frequent Words Improve Readability and Short Words Improve Understandability for People with Dyslexia. En: P. Kotzé et al. (Eds.): *INTERACT 2013*, Part IV, LNCS 8120, pp. 203–219
- Maroua, R. (2017). Understanding, Appreciating and Teaching poetry. *Journal of English Language and Literature*, 8(3), pp. 1-3
- Saggion, H., Stajner, S., Bott, S., Mille, S., Rello, L. & Drndarevic, B. (2015). Making It Simplex: Implementation and Evaluation of a Text Simplification System for Spanish. *ACM Transactions on Accessible Computing*, 6(4), pp. 1-36
- Sánchez, Y. (2021). El imparable crecimiento de los microformatos literarios digitales. En: G. Guerrero, B. Loy & G. Müller (Eds.), World Editors: *Dynamics of Global Publishing and the Latin American Case between the Archive and the Digital Age*, pp. 403-416, Berlin, Boston, De Gruyter. DOI: <https://doi.org/10.1515/9783110713015-025>
- Smith, M. & Taffler, R. (1992). Readability and understandability: different measures of the textual complexity of accounting narrative. *Accounting, Auditing and Accountability Journal* 5(4), pp. 84–98
- Spaulding, S. (1951). Two Formulas for Estimating the Reading Difficulty of Spanish, *Educational Research Bulletin*, 30, pp. 117-124
- Stricker, J., Chasiotis, A., Kerwer, M., & Günther, A. (2020). Scientific abstracts and plain language summaries in psychology: A comparison based on readability indices. *PLoS ONE* 15(4): e0231160
- Suárez-Figueroa, M.C., Ruckhaus, E., López-Guerrero, J., Cano, I., Cervera, Á. (2020). Towards the Assessment of Easy-to-Read Guidelines Using Artificial Intelligence Techniques. En: Miesenberger, K., Manduchi, R., Covarrubias Rodriguez, M., Peñáz, P. (Eds) *Computers Helping People with Special Needs. ICCHP 2020*. Lecture Notes in Computer Science, 12376. Springer, Cham.
- Szigriszt, F. (1993). Sistemas predictivos de legibilidad del mensaje escrito: Fórmula de Perspicuidad. Tesis de doctorado, Universidad Complutense, Madrid
- Taylor, W.L. (1956). Recent Developments in the Use of Cloze Procedure. *Journalism and Mass Communication Quarterly*, 33, pp. 42–99.
- Verheijen, L. (2013). The Effects of Text Messaging and Instant Messaging on Literacy. *English Studies*, 94.5, pp. 582–602
- Vived, E. & Molina, S. (2012). Lectura fácil y comprensión lectora en personas con discapacidad intelectual. ISBN: 978-84-15538-78-3
- Walther, M. P. & Fuhler, C. J. (2010). Teaching struggling readers with poetry: Engaging poems with minilessons that target and teach phonics, sight words, fluency, & more-laying the foundation for reading success. *Scholastic Teaching Resources*.
- Westgate, P. & Rosanne, J. (2008). Poetry emotion or effective literacy practices for individuals with intellectual disabilities. *TEACHING Exceptional Children Plus*, 4(5)
- Wissing, G., Blignaut, A. & Hattingh, K. (2016). Using Readability, Comprehensibility and Lexical Coverage to Evaluate the Suitability of an Introductory Accountancy Textbook to its Readership. *Stellenbosch Papers in Linguistics*, 46, pp. 155-180. DOI: 10.5774/46-0-205
- Zamanian, M. & Pooneh H. (2012). Readability of Texts: State of the Art. *Theory and Practice in Language Studies*, 2. pp. 43-53

La creación del arte de luz atmosférico fundamentada en la vinculación cuerpo-ordenador

The creation of Atmospheric Light Art based on the body-computer link

Imanol Sánchez Díez

Departamento de Escultura y de Arte y
Tecnología.

Universidad del País Vasco. UPV/EHU
País Vasco, España
imanol.sanchez@ehu.eus

Recibido: 14.09.2022 | Aceptado: 29.11.2022

DOI: <https://doi.org/10.65234/interaccion.66>

Palabras Clave

Arte
Luz
Cuerpo
Interacción
Programación
Dispositivo
Sistema

Resumen

El desarrollo tecnológico y su integración en el arte a través de la programación y la aplicación de diferentes dispositivos electrónicos posibilita la conexión cuerpo-ordenador. En el caso de las obras nombradas como Arte de Luz Atmosférico, es decir, aquellas obras artísticas que condicionan y modifican perceptivamente un espacio a través de la luz, sucede a través del público y la obra instalada en un lugar concreto.

En este artículo se plantea una taxonomía fundamentada en la interacción y determina seis niveles dependiendo del uso del ordenador, de la consciencia y de la presencialidad del público. De este modo se plantea la posibilidad de catalogar las obras lumínicas de carácter atmosférico basándose en esta tipología.

Asimismo se advierte que el uso del ordenador conlleva una repercusión en la interactividad generada, dado que el cuerpo de los visitantes pasa de ser un elemento pasivo a ser un input o una fuente de datos. El foco de análisis y la canalización de la información que procesan los ordenadores varía según la consideración del artista/programador, ya que establece previamente a través del código, unos condicionantes concretos para que los dispositivos instalados actúen de una forma u otra según los datos recogidos por el sistema.

Keywords

Art
Light
Body
Interaction
Programme
Device
System

Abstract

Technological development and its integration into art through programming and the application of different electronic devices enable the body-computer connection. In the case of works called atmospheric light works, that is, those artistic works that perceptively condition and modify a space through light, it passes through the public and the work installed in a certain place.

This article proposes a taxonomy based on interaction and determines six levels depending on the use of the computer, awareness and presence of the audience. In this way, the possibility of cataloging atmospheric light works in this typology is raised.

Likewise, it is noted that the use of the computer affects interactivity, since the body of the visitors goes from being a passive element to being an input or source of data. The analysis approach and the channeling of the information processed by the computers varies according to the consideration of the artist/programmer, since it previously establishes through the code, specific conditions so that the installed devices act in one way or another, according to the reading the data by the system

1. Introducción

La expansión y el desarrollo tecnológico ha propiciado la integración en el arte diferentes dispositivos nacidos al calor de estas circunstancias, que son usados en conjunto con la computarización, la programación y la aplicación de sensores que posibilitan a los artistas crear instalaciones interactivas e inmersivas. De esta forma, la vinculación cuerpo-ordenador, en este caso, sucede a través de los visitantes y la obra instalada en una localización concreta. En esta coyuntura se genera una relación triangular entre los cuerpos, el espacio y el dispositivo o el sistema empleado.

De todo el abanico de posibilidades artísticas que se sustentan en la utilización de herramientas vinculadas con la tecnología, este artículo se centra en las obras nombradas como Arte de Luz Atmosférico. Esta particular forma de creación artística se centra en la intervención del espacio utilizando la luz como material fundamental, configurando con su iluminación una atmósfera específica. De esta manera, su visualización está totalmente vinculada con la presencialidad del cuerpo del visitante en el lugar intervenido. Es por ello que la experiencia del sujeto compone uno de los pilares fundamentales en el desarrollo y exposición de estas obras. Los artistas que trabajan en éste ámbito entienden el arte como una experiencia que sobrepasa las dimensiones del objeto físico, donde las capacidades particulares de cada visitante propician una lectura subjetiva bajo unos mismos estímulos lumínicos.

Comúnmente para desarrollar esta tipología artística se utilizan elementos analógicos como bombillas LED, cabezas móviles, reflectores, láser, sensores, proyectores o fibra óptica y se combinan con softwares o tecnologías novedosas que crecen exponencialmente, favoreciendo formas híbridas de trabajo. Algunos artistas incluso crean sus propias interfaces y construyen dispositivos electrónicos para aplicarlos a una obra en concreto. Por ello, podría decirse que los artistas de luz contemporáneos integran la tecnología, de la misma forma que las obras creadas en el último lustro comparten esa vocación por generar una conexión entre el ordenador y el público. Asimismo, el rol del visitante pasa a ser activo, cambiando de nivel de interacción según las exigencias de la obra.

2. Interacción: cuerpo - espacio - sistema.

Para hablar sobre los diferentes niveles de interacción del público propiciados por el Arte de Luz Atmosférico, se determina una taxonomía fundamentada entre la utilización que tienen los artistas del cuerpo de los visitantes y el uso (o no) del ordenador. Es decir, el nivel más bajo de interacción se establece en un uso mínimo del cuerpo, pero sí del cerebro ya que la alteración perceptiva surge a través de la visualización y la comprensión espacial del sujeto. Para ello, no es necesario el uso ni del ordenador ni de ningún dispositivo tecnológico como se puede observar en las obras de James Turrell que se

mencionan más adelante. En cambio, el nivel más alto de interacción se considera que sucede cuando el visitante emplea su cuerpo de manera activa y voluntaria formando una acción-reacción entre sus movimientos y los efectos lumínicos establecidos en el espacio, donde el empleo del ordenador está vinculado a complejos softwares, dispositivos y sensores. Entre esta escala que se establece entre el mínimo y el máximo nivel de interacción, se establecen otros cuatro niveles intermedios, formando un total de seis. Ya que el objeto del artículo reside en examinar la interacción cuerpo-ordenador, se profundiza de forma más exhaustiva en los niveles referentes a la incidencia del ordenador en la obra. No obstante, se menciona, al menos, un ejemplo de cada uno de los niveles anteriormente citados.

El primer nivel de interacción del público, donde no se utiliza ni ordenador ni dispositivos tecnológicos, sucede únicamente en el plano mental. Está más cerca del área observacional y de un carácter contemplativo. La percepción de los estímulos que los artistas sitúan dentro del espacio expositivo depende del bagaje de cada sujeto y, sobre todo, de lo que el artista de luz y espacio James Turrell denomina precio de admisión: un concepto basado en el compromiso por el público a la hora de ceder su tiempo para habitar y quedarse dentro de la localización mientras visualiza y analiza los estímulos experimentados (Turrell, 1985). El tiempo de exposición a dichos estímulos, sumado a la dedicación mentalmente activa, es lo que determina la amplitud y riqueza de la experiencia obtenida por el sujeto tras su visita.

En las primeras obras de Turrell denominadas como Mendota Stoppages (1968-1974), el artista tapia ventanas y establece numerosos cortes en las paredes del Hotel Mendota en Santa Mónica (California, EEUU). Los cortes realizados en la estructura del edificio son estrechos, por lo que dentro del hotel se establecen numerosas líneas que, dependiendo del momento de visualización, tienen unas formas u otras, instaurándose en el espacio de forma que configuran composiciones alternativas. La luz diurna establece cambios en formas y colores que se alteran durante el paso del día; tanto por la orientación solar como por los cambios climáticos, pero también por la incidencia del paso de transeúntes que bloquean parcialmente la luz desde afuera. Por la noche, en cambio, las luces artificiales de los semáforos, los faros de coches y luminosos situados cerca del hotel iluminan de forma muy diferente las salas (Turrell, 1985). Por lo tanto, Turrell no emplea ningún dispositivo ni ordenador para crear su obra, pero sí juega con la luz y la contemplación de las formas que entran de manera cambiante durante el transcurso del día.

Mendota Stoppages ofrece a los visitantes permanecer durante un tiempo en su interior de manera que la observación del lugar formule una concepción de la luz diferente a la establecida afuera. La luz adquiere un protagonismo espacial y su visualización no reside en la iluminación, sino en ocupar el espacio a través de sus formas y características dinámicas.

Además, el sujeto decide en qué lugar posicionarse y durante cuánto tiempo permanecer en ese determinado lugar. Así, la percepción del espacio y de la luz está influenciada en gran medida por las líneas que se forman en el interior, pero queda a merced del precio de admisión del sujeto.

El segundo nivel de interacción interpela directamente a las aptitudes fisiológicas de los humanos con la intencionalidad de alterar aspectos perceptivos de manera visual. No se utiliza tampoco el ordenador, pero sí se emplean activamente dispositivos específicos por parte de los artistas para influenciar de manera definida en la percepción del sujeto. Las personas que acuden a la instalación interaccionan de forma inconsciente dado que su cuerpo reacciona de manera natural ante la configuración lumínica desarrollada.

Ejemplo de ello es la excitación de la retina a través del empleo del color, sobre todo cuando los artistas utilizan luminarias que emiten una sola frecuencia. Una obra producida bajo estas condiciones es *Green light corridor* (1970) de Bruce Nauman. Esta instalación se compone de dos paneles verticales situados en paralelo, formando un estrecho pasillo. El display, es decir, la composición estructural donde se realiza la instalación, se ubica en una sala expositiva con luz tenue. Entre estas dos paredes, un grupo fluorescentes monofrecuencia de color verde alumbró su interior. Es común sentir la sensación de agobio y claustrofobia durante la experiencia, ya que el estrecho espacio de tránsito entre los dos paneles obliga a cruzar la obra con el cuerpo ladeado. Pero sobre todo, la acción que determina el resultado de la interacción con el público es la alteración en la percepción de los colores cuando se sale de este pasillo. Mientras el visitante lo cruza, expone su retina únicamente a una frecuencia y por ello, de manera inconsciente, intenta establecer un equilibrio de color en su mente. Consecuentemente, esto influye en la visualización que se experimenta una vez abandonada la zona iluminada, ya que el visitante visualiza su entorno con matices rojizos (Lewallen, & Bowen, 2019).

Este mismo fenómeno también sucede en las obras de Olafur Eliasson; *Yellow corridor* (1997) o *Room for one colour* (1997). En estas dos obras, el público entra en una sala diáfana, iluminada por neones monofrecuencia amarillos, para después entrar a otra sala iluminada con luz neutra. Cuando el sujeto que ha sido expuesto a la luz monofrecuencia durante un periodo de tiempo determinado entra a la sala iluminada de manera neutra, su sensación es que el espacio tiene un tono violeta. Con el tiempo ese tono se disuelve y es capaz de distinguir la alteración ejercida en su mente.

La experiencia del usuario es fundamental en este tipo de instalaciones y es uno de los pilares conceptuales en las obras de luz de carácter atmosférico. Sin la visita de los visitantes, la obra está inacabada. Es necesario que un sujeto entre y experimente las incidencias de la luz para que la obra se de por

completa. En este caso, es muy evidente y universal la incidencia en la percepción a través del cambio de colores. Queda latente la intencionalidad de hacer pasar al sujeto por esa alteración perceptiva.



*Figura 2: Green light corridor. 1970.
Foto: Guggenheim.Bilbao. 2017*

Aunque en estas obras es esencial la participación del público, no hay muchas declaraciones registradas de los visitantes. Por ello quisiera realizar algunas puntualizaciones vividas en primera persona de ambas obras:

Previamente tenía la noción suficiente para saber qué podría identificar mentalmente, por lo que considero que, de alguna manera, estaba condicionado. Normalmente, el gran público que accede al museo no conoce la obra antes de visitarla y la experimentación es más genuina.

En la obra *Green light corridor* expuesta en el Museo Guggenheim de Bilbao (España) en el 2017 recorrí el pasillo dos veces. En la primera, prácticamente lo hice en solitario, no entró otra persona hasta que me quedaban pocos metros para salir. Esto me permitió recorrerlo lentamente, sin presión por bloquear el trayecto a los demás. Mientras estaba dentro, entre las paredes, noté una ligera sensación claustrofóbica, pero al poder seguir andando se desvaneció. Cuando lo probé por segunda vez, lo hice entre dos personas y en esa ocasión lo sentí con mayor intensidad, ya que estás condicionado por el ritmo de avance de la primera persona y si además no puedes retroceder para salir, puedes sentir la sensación de estar atrapado.

En cuanto a la experiencia dentro del corredor, en la primera visualización pude fijarme en la construcción de los fluorescentes, la incidencia de la luz en la pared y el tintado sobre su superficie. Apenas se notaba ninguna textura en los paneles. En cambio, en la segunda, me llamó la atención la percepción del color de la piel de las personas y la imposibilidad de distinguir los colores de su ropa, algo que experimenté de manera más acentuada durante la visita de la obra *Room for one color* de Olafur Eliasson. Al salir, la visualización con ese filtro rojizo es evidente. La sensación experimentada puede asemejarse a tener un filtro de color rojo delante de los ojos. Incluso con los párpados cerrados, también podía apreciar una mancha rojiza. La duración de este

fenómeno en el cerebro concuerda con el tiempo transcurrido al cruzar el pasillo, por lo que también está presente el precio de admisión. Poco a poco, ese tintado perceptivo va desapareciendo y a los pocos segundos pude ver con normalidad.



Figura 3: Room for one colour, 1997
Foto: Guggenheim. Bilbao, 2020

En la obra Room for one colour instalada en el Museo Guggenheim de Bilbao en el 2022, la incidencia en la percepción más destacable fue comprobar que la gama de colores se reduce unicamente al amarillo. Es decir, la luz monofrecuencia anula todos los colores, excepto el amarillo, por lo que un jersey que normalmente sería percibido como rojo, dentro de la instalación se distingue de un tono amarillo muy oscuro. Solo existe el amarillo dentro de su gama de claros y oscuros, con diferente luminosidad. Esta particularidad también afecta a nivel perceptivo a la manera en la que se observan los detalles del entorno. Por ejemplo, este hecho se hace muy evidente a la hora de observar las texturas en la piel, sobre todo en las manos: mientras que en condiciones lumínicas normales hay detalles que pasan desapercibidos al ojo, en esta situación esos detalles que conforman el tejido de la piel, como pudieran ser las líneas, manchas, poros o su textura, se aprecian de una forma diferente, lo cual puede llamar la atención del visitante. Además, su display, a modo de espacio diáfano, invita a permanecer en el lugar más tiempo que en Green Light Corridor, dado que no implica ninguna sensación negativa. Por ello, es más fácil coincidir con otras personas simultáneamente, lo cual, da pie a compartir las percepciones generadas in situ.

En la exposición del Guggenheim de Bilbao, la sala no estaba del todo aislada. Por una de las salidas entraba la luz natural, por lo que los visitantes no tuvimos un cien por cien de luz monofrecuencia en el espacio. Aun así se podía distinguir ya desde dentro que la luz de afuera tenía un tono violeta, el cual se acentuó al salir. Aún así, el poso visual que deja la exposición durante el tiempo de la visita a la luz monofrecuencia es mayor en el caso de Green light corridor.

Con la participación del público, Nauman y Eliasson subrayan cómo la configuración de la realidad individual está condicionada por cuestiones subjetivas. Según el filósofo Edmund Husserl, la fenomenología marca el punto de la propia

conciencia y de la realidad, a partir de la cual evoluciona toda experiencia (Grynsztejn, 2008).

La fenomenología es una corriente filosófica que explica el ser y su consciencia a través del análisis de los fenómenos observables. De este modo, la forma en la que experimentamos la realidad fundamenta la propia realidad. Por ejemplo, si siempre estuviéramos expuestos a una luz monofrecuencia, nuestra percepción del mundo se establecería basada en esa forma de entender el mundo. En estos casos, es una percepción corta pero que influye en el pensamiento de manera eficaz a la hora de plantearse la construcción de los colores según nuestra interpretación. Al fin y al cabo, el color es una construcción biológica que, gracias a los fotorreceptores que se ubican en la retina del ojo humano y la comunicación con el cerebro, nos otorga la capacidad para identificar las longitudes de onda dentro del espectro visible.

A partir del tercer nivel, el empleo del ordenador conlleva un cambio significativo en la interacción. La computadora se vincula con el cuerpo de los visitantes, y éste funciona como fuente de datos. El cuerpo y su movimiento se mapea digitalmente a través del código objeto y sirve para realizar una acción-reacción. Los artistas, comúnmente con la ayuda de programadores, crean un sistema que permite la comunicación a través de la lectura de datos por parte del ordenador y después ejecuta, modifica, activa o desactiva los dispositivos instalados. Según la indicación establecida, el artista/programador propone condicionantes al ordenador para que, por ejemplo, según la posición, movimiento y ocupación volumétrica que se establece en un determinado espacio, la computadora ordene una cosa u otra. Esto puede tener diferentes tipos de complejidad técnica, pero el concepto de utilizar el cuerpo como fuente de datos es el mismo.

Dentro de la asociación cuerpo-ordenador se pueden diferenciar aquellas obras en las que la interacción es sin la voluntad del público o se realiza de forma inconsciente. Este sería el tercer nivel de interacción. Al ser involuntarias, son más difíciles de distinguir, debido al desconocimiento de la vinculación directa de su presencia con los cambios lumínicos. Además los dispositivos permanecen ocultos o de alguna forma integrados en el espacio, y su activación habitualmente se realiza a través de sensores que registran el movimiento de los sujetos o su presencia.

Puede que, con un tiempo de experimentación, el sujeto se de cuenta de que, dependiendo de algún factor, parámetro o condición que involucra su cuerpo, los estímulos percibidos son de una manera u otra. Además, si la sala expositiva está compartida con otros sujetos y entienden la interacción física-gestual que vincula los estímulos o modificaciones que se generan, se crea una red interpersonal. Es decir, por la mera copia gestual, participan más visitantes en la acción. Muestra de ello es la instalación Rain Room (2012) del colectivo

Random International, donde su objetivo es precisamente cuestionar la conducta del público. Esta obra ha sido instalada en diferentes localizaciones como por ejemplo el Barbican Centre de Londres (Inglaterra) o el MoMA de Nueva York (EEUU).



Figura 4: Rain Room. 2012.
Foto: Barbican. Londres. 2012

En esta instalación, los visitantes están expuestos a una superficie en la que se filtra continuamente la misma cantidad de agua. La luz se refleja y se refracta haciéndose visible a través de esa lluvia, como si el agua le otorgase un cuerpo donde materializarse. El riego continuo de agua se realiza de manera totalmente vertical, y proviene de una composición de adoquines con agujeros dispuestos en cuadrícula situados en el techo. Este circuito analógico que permite el regadío está vinculado con una programación precisa de acuerdo a una distribución de sensores ocultos por el espacio. Cuando los visitantes dan un paso dentro de la sección donde cae el agua, la cuadrícula en la que se posiciona este sujeto deja de expulsarla, por lo que el sujeto no se moja. La obra se erige sin ningún elemento físico a la vista, a excepción del agua. De este modo, el sujeto permanece integrado en una continua lluvia sin mojarse absolutamente nada.

Tal y como dice Martínez, la instalación emplea “un sistema de detección por computadora de la posición de los usuarios en tiempo real”, y añade que su construcción es posible gracias a “la programación de un evento controlado por medios informáticos, en este caso, el flujo de agua gestionado por las válvulas y el diseño de las formas de relación que se establecerán entre el usuario y el sistema de estructuras informáticas y electrónicas” (Martínez, 2014). Cuando la visita de un sujeto coincide en el interior de la instalación con un público mayor, esta cuestión incide en que los nuevos visitantes accedan a entrar a esta sección y comprobar que allá donde vayan, su cuerpo se mantiene seco. Incluso algunos de los visitantes, tienden a desafiar la velocidad de los sensores y la latencia ejercida en la interrupción del riego corriendo por el pasillo; comprobando así la calidad de la red, el circuito electrónico y la asociación de ésta con el aparataje analógico que permite activar y desactivar la caída del agua.

Eliminar la posibilidad de mojarse, supone un reto para muchos de los sujetos que acuden al espacio, que muestran a menudo las ganas de sentir el agua en sus manos. La percepción de oír

las gotas, oler la humedad, ver la procedencia y recorrido del agua pero no poder sentirlo en la piel, genera la necesidad de poder evaluar su consistencia de una forma somática. Según sus creadores, “en Rain Room se desarrolla una relación aparentemente intuitiva entre el visitante y la obra de arte, entre el ser humano y la máquina” (Random International, 2012). Es propio de la naturaleza humana corroborar aquello que los sentidos alertan, pero no consiguen apreciar táctilmente. Podría decirse que la intención de los visitantes, en realidad, es alcanzar la luz, ya que la visualización de las gotas es posible a medida que la luz las atraviesa.

Dependiendo de los dispositivos empleados, la interacción con el público varía. En el caso de la instalación urbana Volume (2006) del colectivo UVA (United Visual Artists), una serie de 48 perfiles rectangulares recubiertos por una superficie de puntos LED en dos de sus cuatro caras emiten tres tipos diferentes de secuencias. En estas pantallas, los colores se alternan con una franja blanca que se desplaza. Cada vez que un sujeto se acerca a una columna, la franja blanca emitida se mueve con mayor rapidez. Cada columna reacciona con la presencia de los visitantes mostrando un cambio visual y auditivo. Con ello, invita a la exploración del espacio por parte del público, que puede apreciar cómo su presencia corporal influye en la obra. Un efecto similar se produce en una instalación en un entorno natural como es Lampyris Noctiluca (2011) de Tamar Frank realizada para el festival Great Wide Open en Vlieland (Países Bajos). En su configuración se emplean pequeños diodos LED amarillentos situados cerca de un estanque. El título hace referencia directa al nombre científico de una especie de luciérnagas que destacan por su sincronizar rutinariamente sus emisiones biolumínicas entre grandes grupos. Los diodos, desperdigados en formación circular similar a la ubicación de una colonia de insectos, emiten una pulsación pausada de forma sincrónica.



Figura 5: Lampyris Noctiluca. 2011.
Foto: Great Wide Open. Vlieland, 2012

Si el público que accede al lugar se acerca, la pulsación se modifica, volviéndose más frecuente; es decir, a través de sensores, el intervalo del parpadeo se reduce, emitiendo el destello cada vez más rápido. Queda clara la intención de reflejar un evento natural ya desde el título y del tipo de aparataje utilizado (dimensión de los diodos, color e intensidad). Frank simula un grupo de luciérnagas electrónicas utilizando la tecnología. En este caso, el público puede percibir

la alteración del ritmo a través de su ubicación en el espacio pero no llega a ser una interacción totalmente intencionada por parte del visitante.

A partir del cuarto nivel, además de la vinculación entre el cuerpo-ordenador, los niveles de interacción se definen por la interactividad directa y de manera consciente a través de un público activo. El hecho de que los visitantes sean conscientes de que con su participación la obra se modifica, hace que los proyectos adquieran una dimensionalidad diferente. Las decisiones que toma el sujeto de manera voluntaria forman parte intrínseca de la instalación y son esenciales para el desarrollo de la misma.

Los datos obtenidos a través de la intervención del público se generan de manera presencial o virtual. Dado que en el arte de luz de carácter atmosférico la presencialidad del público es un factor importante, se considera que las obras que el público puede tomar parte en el proceso a través de internet tienen un nivel inferior de interactividad que aquellas que los visitantes están presentes. Debido a estas diferencias, se hace preciso distinguirlas en diferentes niveles, de modo que el cuarto nivel de interacción lo formalizan las obras que se formulan de manera activa a través de internet, ya sea desde un ordenador o desde sus dispositivos móviles. Claro ejemplo de ello son las instalaciones de R. Lozano Hemmer; *Vectorial Elevation* (1999) y *Amodal Suspension* (2003). Hemmer comúnmente trata temas sociales desarrollando interfaces on-line y programas de producción de gráficos en 3D, comúnmente ayudado por un equipo de especialistas. Destaca “por su uso creativo de la tecnología, combinando luz, internet, computadora, efectos interactivos, robótica, sistemas de vigilancia, redes cibernéticas, proyectores, links interneticos, interfaces de teléfonos celulares, sensores de ultrasonido, sonidos, gráficas de computación y pantallas LED” (Haber, 2013). Con sus instalaciones, conmemora o reivindica temas relacionados con el contexto donde se plantean. Se podría decir que los ciudadanos cumplen la función de ser un agente activador de los dispositivos y, consecuentemente, de la iluminación.

Se apropia reincidentemente de la densidad de la atmósfera urbana para generar trazos de luz definidos utilizando reflectores antiaéreos. Así, dibuja sobre la ciudad líneas blancas que llegan a verse incluso a varios kilómetros de distancia. En el caso de *Vectorial Elevation* (1999), expande los límites de la intervención al mundo web a través de la página www.alzado.net. En ella, deja a disposición de los usuarios un simulador 3D en línea para que cada individuo realice su propia composición. El servidor está conectado a un conjunto de 18 focos que reaccionan según la composición formada por los usuarios. Las luminarias se sitúan en la Plaza de la Constitución, también conocida por El Zócalo (Ciudad de México, México). (Lozano-Hemmer, 2002).

Una vez que un usuario diseña la composición de las luces, se crea una nueva entrada, donde se archivan las imágenes del diseño, su ubicación de acceso y los comentarios del creador. Todas estas combinaciones de luces construidas por el público se procesan durante el día y después se proyectan por la noche en un intervalo entre 6-8 segundos. Además de generarse una previsualización en 3D. Cuando al fin se realiza la configuración en el cielo durante la noche, se capturan las imágenes proporcionadas por las webcams situadas en diferentes puntos de la ciudad, generando así gran archivo visual. Así, las líneas de luz se mueven marcando una dirección diferente en cuestión de segundos. A modo de colaboración colectiva, la instalación se nutre de la participación global. Jezik subraya que “más allá de cuestiones de escala el interés de la obra de Lozano-Hemmer radica en la aplicación de la tecnología no como un fin en sí mismo, sino como herramienta actualizada para intervenir entornos urbanos” (Jezik, 2003). Se podría decir que Internet abre las puertas a los usuarios de todo el mundo para aportar su creatividad.

Este programa es diseñado con la ayuda de distintos programadores y técnicos provenientes de diversos países, que actúan en conjunto para desarrollar una interfaz de manipulación sencilla. Esta interfaz ofrece al usuario un manejo intuitivo de las luces, además de una visualización eficiente gracias a la utilización de renders. Este programa genera un gráfico 3D de forma inmediata que facilita al usuario la comprensión de las formas que crea en los tres ejes que determinan el espacio. Asimismo, ofrece la posibilidad de cambiar rápidamente la vista de las cámaras para favorecer una previsualización más completa (Sánchez, 2020).

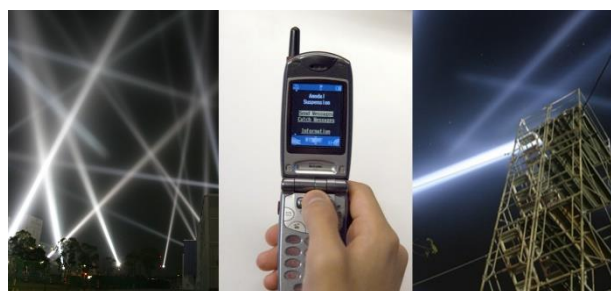


Figura 6: *Amodal Suspension*.2003
Foto: Yamaguchi. 2003

En la ciudad de Yamaguchi (Japón), realiza una nueva obra siguiendo los mismos principios llamada *Amodal Suspension* (2003). En ella, el usuario interactúa a través de su teléfono móvil, o desde la página web www.amodal.net; a través de la cual escribe mensajes cortos que se traducen a destellos de luz que aparecen y desaparecen de forma intermitente. Mediante veinte reflectores, estos destellos, codifican los textos escritos por los usuarios y pueden ser visualizados en el cielo de la ciudad; convirtiéndose así en una red de intercomunicaciones visible (Brown, 2014). Lozano-Hemmer visibiliza mediante su obra la red de comunicaciones surgida a través de la red,

trasladando esos mensajes gráficamente con la luz como elemento conductor.

El quinto nivel de interacción lo forman aquellas obras que aúnan la red de los dispositivos instalados y el ordenador, en conjunto con la voluntad del público para modificar o alterar la instalación. Con ello se produce una cadena de acción-reacción claramente identificable y en la que el público es consciente de que la iluminación y el modelado de la luz son susceptibles de ser modificados a través del cuerpo, incluso antes de entrar a la exposición. No se usan elementos físicos como botones, palancas o accionadores, simplemente con el movimiento es suficiente, por lo que la presencialidad y la volumetría de su complejidad están latentes en los proyectos.

Por hablar de algunas obras en concreto que encajan dentro de este nivel, podría mencionarse la exposición de múltiples instalaciones lumínicas realizada por la pareja de artistas Adrien Mondot y Claire Bardainne titulada XYZT Les paysages abstraits (2010-2015) realizada en el Palais de la découverte de París (Francia), donde destaca la instalación Anamorphose spatiale (2011). Para su producción, los artistas utilizan la emisión de luz a través de proyectores sobre diferentes superficies con características diferentes. Además de proyectar en las superficies opacas como en paredes o el suelo utilizan telas translúcidas y pantallas de retroproyección, lo que les permite jugar con la opacidad y la visualización de diferentes animaciones simultáneamente. El espacio expositivo está totalmente pintado de negro, tanto el suelo como las paredes, y no se utiliza ninguna otra fuente de luz que no sean los proyectores. Esto provoca un contraste muy definido entre el espacio y la superficie proyectada.



Figura 7: *Anamorphose spatiale*. 2011
Foto: Palais de la découverte . París. 2011

El conjunto de las diez instalaciones que conforman toda la exposición se fundamenta en el movimiento, tanto el generado digitalmente como el movimiento físico realizado por los sujetos. De este modo, cualquier desplazamiento u oscilación crea un puente de unión entre el mundo digital y el físico. La lectura del cuerpo del visitante se analiza a través de diferentes parámetros como su manera de andar, su velocidad, su suavidad o dureza al gesticular, y se conecta con la composición de formas orgánicas a través del uso de la geometría y la matemática. De hecho, el título de la exposición;

XYZT Les paysages abstraits, incluye los parámetros de tridimensionalidad propios de la geometría (XYZ) y añaden la T, en referencia al tiempo, ya que es necesario para incluir la información referente a la duración del desplazamiento de objetos y personas.

Esta pareja de artistas utiliza las nociones matemáticas, fundamentadas en el mundo abstracto, para vincular la geometría con las formas orgánicas y el movimiento natural que tienen diferentes elementos naturales en medios como el agua o el aire. La programación del código formaliza, por una parte, la configuración de las animaciones proyectadas; y por otra, la vinculación de los sensores con el modo del desplazamiento y la gestualidad del público. En la producción de este tipo de instalaciones a modo de acción-reacción, cabe subrayar la creación de Mondot y Bardainne de eMotion, un software diseñado específicamente para generar el movimiento de las animaciones de forma precisa y rápida. El propósito de su creación es explorar las interacciones entre la imagen y el cuerpo en el contexto de la performance en directo. Por ello, la vinculación e interacción de las animaciones con los gestos realizados por los visitantes, son completamente generados y calculados en directo. La reacción del programa ante la presencia de un cuerpo unifica el mundo físico con el virtual de una forma rápida y bidireccional. En palabras del colectivo; “queremos deformar la percepción, desdibujar la línea entre lo verdadero y lo falso, traspasar los límites cotidianos de la realidad y revelar cosas que no son posibles”. Asimismo, reivindican la posibilidad de “modificar, distorsionar y compensar nuestra relación con el tiempo y el espacio” (Shimoda, & de Campos, 2020).

La aplicación de este software es perfectamente visible en Anamorphose spatiale (2011), la cual se efectúa dentro de un cubículo producido por telas y proyecciones lumínicas. El display está construido a través de un textil translúcido, perfiles de metal y soportes para los proyectores. Esta estructura está ideada para crear una diferencia lumínica muy contrastada, donde la única iluminación proviene de los proyectores y recae sobre el textil. En las partes que no se proyecta, entre la oscuridad y la translucidez de la tela, se crea una ilusión donde su apreciación es mínima, por lo que perceptivamente las animaciones quedan integradas de manera tridimensional en el espacio. Así, la luz adopta una presencia física capaz de confundir la comprensión de la composición estructural.

Para el colectivo es esencial que el público conecte con las proyecciones de luz en sus múltiples formas, de modo que la reacción de la animación emitida debe ser instantánea. Estos artistas no trabajan con la proyección de un video que fija una velocidad y una gestualidad definida de la animación. El material que produce el software, es equivalente al movimiento improvisado realizado por el sujeto que recorre el espacio. Además de los visuales, el sonido también se genera al momento, realizando con ello una lectura sinestésica entre la

imagen y el movimiento corporal. Según Pocosgnich “la máquina se ha convertido en parte del acto creativo, protagonista de la génesis artística con su inmaterialidad hecha de bits”. Así, el arte se convierte en una “secuencia lógica de 0 y 1 capaz de recrear mundos o abstraerse en dirección diametralmente opuesto a la realidad”. (Pocosgnich, 2014)

La característica más destacable reside en la apreciación de la correlación surgida entre los movimientos procesados en el mundo real con los generados en el digital para crear una especie de nueva dimensión. La coherencia gestual entre el público con los cambios lumínicos puede influenciar en su percepción tridimensional.

De modo que estas obras no trabajan con una “simple escenografía virtual, sino en entornos tridimensionales con los que realizar la acción, creando ambientes caracterizados por continuas mutaciones”. (Pocosgnich, 2014)

Así, el público entra en una dinámica de interacción tanto física como psicológica a través de la vivencia dentro de la sala expositiva. Estas obras son aquellas que están exclusivamente destinadas a generar una reacción que cambie la apreciación de la realidad, a consecuencia de la exposición a diferentes tipos de iluminación.

Este colectivo mantiene la intención de utilizar el movimiento como un valor determinante en la creación de sus intervenciones. La configuración de las obras en un ámbito interactivo tiene un desarrollo coherente por la capacidad de unir el cuerpo del sujeto con la luz (y el desarrollo tecnológico necesario para ello) para demostrar, así, la capacidad de modificación del espacio a través de la iluminación.

El sexto y último nivel se produce con la acción-reacción o en la relación causa-efecto producida por un público activo que destaca por ser accionador de algún dispositivo como botones o palancas. En este sentido, dicho público toma parte del proceso de exhibición de la obra voluntaria y conscientemente. El ordenador está conectado a estos mecanismos de modo que, a través del hardware y el software, crean un nexo entre el cuerpo y la computadora.

Desde los inicios del planteamiento de la instalación, está la consideración de la participación del sujeto que activa y pone en marcha o modifica la modulación de la luz. Su presencialidad, física, gestual y enérgica es el motor de acción que permite que la obra exista en plenitud. Cuando un sujeto visualiza a otras personas manipulando algún dispositivo, generando así una correlación entre la acción gestual y la reacción del display luminoso, se produce una lectura rápida de la causalidad.

Ejemplo claro de esta tipología de obras es Pulse Front (2007) de Lozano-Hemmer, ya que la interacción ejercida del público asistente se produce con el contacto físico a través de sensores que miden el ritmo cardíaco de los sujetos. Para la producción

de Pulse Front (2007), se establecen diez dispositivos de metal asociados cada uno a un reflector, repartidos en diferentes ubicaciones en Toronto (Canadá). Alicia Haber afirma que el artista “considera que la tecnología es nuestra segunda piel, algo inevitable” y añade que “para él el arte trata de recobrar la posibilidad de que el público sea activo y se integre en la obra”. (Haber, 2013). El mecanismo que sirve como receptor, se constituye por un poste con un manillar vinculado a un sensor de contacto. Cuando se produce el contacto con las manos del sujeto, este dispositivo mide sus pulsaciones y, acto seguido, las traduce a intermitencias en el destello de los focos (Arozqueta, 2014). Cuando los sensores se quedan sin la entrada de datos, se muestra la frecuencia cardíaca de las últimas diez personas que han probado los artefactos.

Como señala Walder, una máquina puede obtener datos más íntimos que su posición espacial o su apariencia. Los latidos del corazón funcionan como señales constantes que se emplean como información en tiempo real para dar forma a una serie de obras que transitan entre lo individual y lo colectivo. Si es que las esculturas de luz realizadas en colectividad, con la suma de cada latido, provienen de un “pulso como seña de identidad, personal y anónima a la vez que nutre de archivos en los que se acumulan las aportaciones de miles de individuos representados en el parpadeo” lumínico. (Walder, 2012)

A través de su obra, este artista explora diversos aspectos sociales de diferente naturaleza, otorgándole al usuario un rol fundamental a través de la interactividad. En Voz Alta (2008), plantea rescatar la memoria de las víctimas que murieron asesinadas el día 2 de octubre de 1968 en México en una manifestación promovida por el CNH en protesta al autoritarismo del Partido Revolucionario Institucional, reivindicando la absolución de los presos políticos. En ella, toman parte desde estudiantes, hasta profesores, obreros o amas de casa que se movilizan para exigir cambios en pos de la igualdad y de la libertad política y civil. La acción represiva del estado acaba con la vida de cientos de manifestantes. (Barragán, 2018)



Figura 8: Voz Alta 2008.

Foto: Tlatelolco, Ciudad de México. 2008.

Coincidiendo con el 40 aniversario de la masacre de Tlatelolco (México), se instalan tres grandes reflectores direccionados a distintos puntos cardinales en la azotea de uno de los edificios

de la misma plaza. A pie de calle, se asienta sobre una estructura, un reflector conectado a un megáfono. Sin ningún tipo de censura ni moderador, los visitantes que acuden a la plaza, pueden contar con libertad sus emociones, historias, vivencias o recuerdos a través del megáfono. (Brown, 2014). Estos discursos, se emiten a tiempo real a través de dos vías diferentes. Por un lado, las ondas de sonido registradas por el megáfono son traducidas en el reflector como cambios en la intensidad de la luz emitida. Es decir, se realiza una secuenciación en directo de destellos, donde la potencia lumínica varía dependiendo la cadencia de la voz del sujeto.

El trazo de luz se emite hacia el edificio donde se sitúan los demás reflectores para que éstos copien el mensaje y lo proyecten al resto de la ciudad en diferentes direcciones. Así, la percepción de la luz está regida por las ondas sonoras, en un acto poético de iluminar la voz de los callados. Por otro lado, se establece una frecuencia específica de radio (Unam 96.1 FM) para la realización de la comunicación oral. Lo que busca el artista es crear una plataforma donde la gente se manifieste libremente, ya sean discursos políticos, poéticos u otra temática ya que el poder de la pieza reside precisamente en la libertad de expresión y en el hecho de no especificar lo que los participantes deben de decir. (Haber, 2013). Para completar los vacíos cuando las personas no emiten nada por el megáfono, los tres reflectores situados en la azotea del edificio reproducen grabaciones de los supervivientes y entrevistas a intelectuales o políticos de la época del suceso. La frecuencia de radio está vinculada también a este material de archivo. De este modo que, cuando no suena la voz del pueblo en directo, lo hacen las palabras del pasado.

La taxonomía que se plantea en este artículo permite diferenciar la manera en la que el público interactúa con los diferentes tipos de instalaciones. Se diferencian seis niveles que se fundamentan inicialmente en el uso del ordenador, posteriormente en la voluntariedad o consciencia y finalmente en la presencialidad del público. De este modo se plantea la posibilidad de catalogar las diferentes obras lumínicas de carácter atmosférico basándose en esta tipología.

3. La aplicación de medios tecnológicos a través de colectivos en el arte de luz atmosférico contemporáneo.

Es habitual que los artistas trabajen conjuntamente con ingenieros y programadores para desarrollar sus propios dispositivos, siendo este un punto significativo de la producción actual de arte lumínico. Para realizar proyectos con alta financiación que afrontan retos de gran envergadura, se recurre a menudo a un equipo de técnicos para aunar conocimientos. Por otro lado, se advierte un incremento en los últimos años en la formalización de colectivos como UVA (United Visual Artists), Tundra, 404. Zero o Nonotak, donde el

nexo de unión entre el arte y la programación van de la mano. Las producciones realizadas por los colectivos mencionados destacan por cubrir amplias superficies y tener un extraordinario despliegue técnico donde la luz sirve para generar espacios inmersivos y el público puede ver alterada su percepción de la realidad.

En función de la naturaleza de la producción y del equipo humano que forma parte del proyecto, existen diversos sistemas que posibilitan la programación de luces DMX (Digital Multiplex), tales como Hog, FreeStyler, GranMa, Sunlite Suite, Chamsys, Avolites o Martin Harman. Estos sistemas permiten al usuario la modificación y la programación de los dispositivos vinculados a este lenguaje, posibilitando, así, cambios de intensidad, movimiento, velocidad y color, o para sincronizar un conjunto de dispositivos con otras fuentes de luz entre otras opciones (Rosso, 2019). De la mano de estas herramientas de programación, van otros softwares como Resolume Arena, Modul8, Madmapper, HeavyM, o VPT que sirven para realizar Mapping, sucesiones en cadena o crear oscilaciones a través de cabezas con funciones avanzadas. A niveles de producción menores, pero con características interactivas, se han popularizado hardwares como Arduino o Raspberry.

En cuanto a la sincronización de una red de dispositivos lumínicos en cadena a través del lenguaje DMX, destaca la instalación Volume (2015) realizada en Silver Street Studios de Houston, Texas (EEUU) del colectivo Nonotak. En un amplio espacio industrial, Nonotak distribuye de manera ordenada y equidistante una serie de luminarias de luz neutra sobre una sucesión de numerosos andamios que componen un camino o un pasillo central. Teniendo este pasadizo como eje, los andamios se disponen de manera simétrica.

La configuración de esta composición de cilindros de metal sirve para situar los focos en la parte superior de los dos lados y levemente inclinados hacia el pasillo central. Aprovechando que los andamios ocupan gran parte del espacio a intervenir, la ubicación de los focos se establece en la misma altura pero a distancias diferentes del corredor, lo que proporciona diversas calidades lumínicas gracias a la intensidad de las luces y sombras ejercidas en el espacio. Además, la iluminación está sincronizada con altavoces que emiten múltiples sonidos cada vez que la luz se enciende.

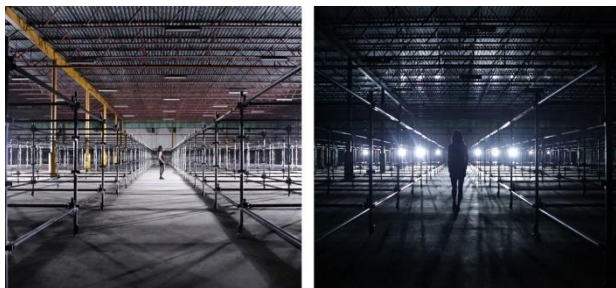


Figura 9: *Volume*. 2015

Foto: Silver Street Studios. Houston. 2015

La visualización es realizada manteniendo el espacio en oscuridad, salvo por las diversas secuencias de encendido y apagado, conformando un bucle. En gran medida la iluminación tiene una continuidad en el espacio y mantiene un orden. Así, cuando un foco se enciende y se apaga, la misma acción es realizada por los siguientes generando sucesivamente un recorrido por el perímetro.

Cuando la iluminación de los focos se enciende por parejas, es decir, dos focos situados a cada lado, a la misma altura y distancia del pasillo e iluminan de manera sincrónica, el encadenamiento de las luces sigue un proceso que implica un avance en el espacio, como si la luz se moviera alejándose o acercándose hacia el sujeto que recorre el pasillo. Esta sensación de movimiento es más evidente cuando la frecuencia del encendido aumenta su velocidad. La progresión del encadenamiento se ejerce cada vez más fluida, de manera que se asemeja a la comprensión que los humanos tenemos del movimiento.

El encendido de la luz determina la iluminación de los hierros y parte del suelo, por lo que funciona como un bloque lumínico que se desplaza y su progresión se define gracias a la continuidad de la cadena. Es así cómo a través de la coordinación y con materiales intangibles como la luz y el sonido, se produce una reestructuración del espacio focalizándose en la experiencia, con la intencionalidad de poner el espacio en movimiento. Las sombras y brillos ejercidos se alternan según la secuencia emitida que puede estar producida únicamente de un foco a otro o por grupos de focos, cambiando la velocidad y cadencia de encendido. Con ello Nonotak consigue producir una instalación que afecta directamente a la percepción del visitante, modificando constantemente el espacio de manera visual.

Por otro lado, las cabezas con funciones avanzadas posibilitan un trabajo con mayor complicación técnica y con múltiples efectos. Los colectivos como Tundra las utilizan gracias a su versatilidad para desarrollar en la misma instalación diferentes composiciones lumínicas. Ejemplo de ello es la instalación inmersiva titulada *Epicenter* (2015) instalada en Tryokhgornaya de Moscú (Rusia) donde se pueden apreciar tres atmósferas diferentes en el mismo lugar y producidas con

las mismas herramientas. La localización intervenida está compuesta por una serie de columnas que sirven como soporte para ubicar las cabezas. Esta instalación está realizada con la colaboración de Sila Sveta, un estudio de producción de medios interactivos y especialistas internacionales en el campo de las experiencias de inmersión digital que realiza diferentes intervenciones a nivel mundial. Con el soporte de Sila Sveta se amplifica la capacidad tecnológica para crear la inmersión del visitante en espacios con configuraciones cambiantes. *Epicenter* completa tres ambientaciones combinando la iluminación puntual de las cabezas móviles y utilizando una capa densa de humo en el espacio. Cabe mencionar la utilidad de las máquinas de humo también conectadas con DMX a la mesa de operaciones, ya que la densidad que aporta la neblina extendida de manera homogénea por el espacio establece un soporte para la visualización tanto de las líneas como del tintado que se realiza con la iluminación más difusa.

La primera atmósfera se fundamenta en la reproducción de múltiples líneas lumínicas de tono frío que se formalizan en el espacio de manera visual, que aparecen y desaparecen rápidamente. Se crea con ello una analogía vinculada a los relámpagos, apoyados en gran medida por luces estroboscópicas y un audio acuoso. En la segunda, inicialmente cada cabeza refleja su luz contra la columna que lo sustenta mientras que emiten un tono cálido y tintineante semejante a la iluminación producida por numerosas velas. Poco a poco la luz se extiende a lo largo de la columna y finalmente dejan de proyectarse contra la superficie para convertir su haz de luz en líneas parpadeantes que transitan por el espacio, realizando diferentes gestualidades y composiciones, que conjunto al humo generan una atmósfera particular.

Por último, la iluminación ejercida en el espacio se asemeja a la instalación *Volume* (2015) de Nonotak previamente mencionada. Las cabezas sirven como elemento de iluminación para realizar animaciones donde la luz cambia de posición en la localización pero en este caso, esa secuencia se compagina con la emisión de líneas definidas desde varias cabezas enfocando al mismo punto de manera estática lo que produce una escultura de luz de apariencia sólida en el espacio. Como si la luz hubiera obtenido una estructura tangible y permanente. Todas estas ambientaciones formulan una serie de estímulos visuales y auditivos sobre los visitantes que son expuestos constantemente a la modificación del espacio a través de la manipulación de medios tecnológicos y coordinando los dispositivos con sistemas computarizados.

Hay artistas que realizan sus propios dispositivos; hardwares contruidos con una forma y con un fin específico, como lo hace UVA (United Visual Artists) para la instalación *Momentum* (2014). El colectivo diseña y construye un mecanismo que ilumina cenitalmente, emite sonido y además, recibe órdenes producidas a través del lenguaje informático para controlar su movimiento. La instalación se compone por

un total de 12 dispositivos similares a péndulos, lo que ellos llaman instrumento espacial, que se establecen colgados del techo de la galería curvada de noventa metros del Centro Barbican en Londres (Inglaterra).

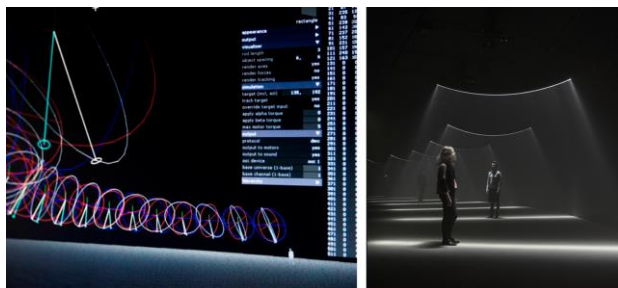


Figura 10: Momentum.2014. Foto: Barbican. Londres 2014

Este espacio queda a oscuras e impregnado de humo para que la secuencia de péndulos dispuestos en fila y que siguen el recorrido curvado puedan iluminar parcialmente el lugar. La iluminación de cada dispositivo es difusa y en conjunto con el humo crea un haz de luz tenue. Su movimiento es ondulatorio, pausado, asincrónico y es secuenciado para crear tensión entre un desplazamiento natural y una oscilación electrónica. (Barbican Centre, 2014)

Para UVA es importante que el altavoz esté integrado en el péndulo ya que a la hora de realizar el desplazamiento, la percepción auditiva sigue el movimiento que está realizando, lo que aporta una magnitud en la lectura del sentido espacial. (Creators, 2014). La instalación estimula la participación del público y la creación de una vivencia sensorial y personal al recorrer el espacio. Matt Clark, uno de los integrantes del grupo, comenta que es una obra planteada para conseguir una interferencia en la percepción del tiempo, así como del espacio físico (Barbican Centre.

2014). El colectivo invita a los visitantes a explorar la sala a su propio ritmo, con su movimiento personal y a elegir la ubicación en el espacio para generar su experiencia individual.



Figura 11: Outlines. 2016
Foto: Outlines Festival. Moscú. 2016

Otra de las herramientas que se puede programar es el uso del proyector láser. Este puede ser empleado a través de un puntero simple o con un cabezal móvil. Comúnmente su uso se le

asocia al show y a los eventos en directo. Su empleo sobre un espacio repleto de humo, resalta los trazos del láser notoriamente. En cuanto a la apariencia perceptiva de la luz, cabe la posibilidad de representar una forma volumétrica definida, como puede verse en la instalación de Tundra, Outlines (2016) instalada en Outlines Festival de Moscú (Rusia). En esta obra los cabezales láser se utilizan para crear un espacio de líneas rojas definidas que mantienen el trazado vertical y horizontal de manera estable. Su configuración corresponde a la división por secciones del espacio de modo que la ubicación de los cabezales se compone equidistantemente, seccionando la sala expositiva en cuadrantes establecidos por el espacio. La localización que permanece a oscuras y con humo es abarrotada por numerosas líneas nítidas que mantienen su posición pero formalizan diferentes animaciones y secuencias únicamente con el encendido y apagado, completando un bucle continuo. Esta cuadrícula tridimensional, sobrepasa los límites del campo visual del sujeto, donde su cuerpo queda inmerso en una atmósfera particular. Gracias a la animación establecida, la lectura espacial puede derivar en una distorsión de los parámetros tridimensionales.

Además, la percepción de las líneas sobre el humo queda lejos de la construcción mental comúnmente establecida de los elementos tangibles, ya que la potencia lumínica de estos punteros consigue establecer un trazado tan definido y estable, que visualmente, puede dar la sensación de ser capaz de tocarse. Este tipo de alteración sensorial es comúnmente asociada a las instalaciones de arte de luz de carácter atmosférico.

Una cuestión a tener en cuenta es que la utilización de algunas técnicas previamente mencionadas, podrían conducir a la espectacularidad y al efectismo en detrimento del concepto artístico genuino. Es importante poder distinguir la intencionalidad por parte de los artistas en crear ambientes inmersivos utilizando códigos establecidos dentro de las nociones del arte contemporáneo, del show lumínico carente de discurso conceptual, donde su función reside en fascinar al público a través de la exhibición técnica. (Sánchez, 2020)

Como es lógico, a medida que se suman más condicionantes, la complejidad técnica de las obras aumenta. Para resolver las dudas o aportar nuevas ideas, actualmente existe una gran red o cultura basada en el mundo llamado “Maker” (Creador). Los usuarios de estos dispositivos se ayudan mutuamente de forma altruista para conseguir dar con las conexiones necesarias y con el código correcto. Es una comunidad que se extiende por todo el mundo y gracias al trabajo de cada usuario, el desarrollo de los softwares evoluciona cada día. De modo que, la inteligencia colectiva sirve también para ser aplicada al arte. Teniendo estas nociones en cuenta, se puede decir que el uso de estos materiales tecnológicos, reflejan la gran influencia de la digitalización en la sociedad contemporánea.

4. Conclusiones

A través de la tipificación planteada, queda latente la vinculación entre el uso del ordenador y la repercusión que ello conlleva en la interactividad generada. Inicialmente en las obras que no tienen computarización, el cuerpo de los visitantes es un elemento pasivo, donde la interacción se fundamenta en aspectos contemplativos y perceptivos a una escala mental. Puede que el volumen de personas influya en la lectura de la instalación pero no suponen un input a registrar. De modo que cuando los artistas empiezan a utilizar el ordenador, surge un cambio significativo en la forma de interactuar del público, pasando de ser elementos pasivos a convertirse en fuente de datos que se analizan. A partir de este punto la canalización de esta información se procesa y va variando el foco de análisis según la consideración del artista. Hay quien se centra en el movimiento, en la ubicación del cuerpo en el espacio, en el volumen que ocupa su masa, etcétera, centrándose así en un tipo concreto de datos que sirven para activar un mecanismo. Ya sea de manera inconsciente o voluntaria el cuerpo físico del visitante interactúa con el ordenador simplemente con su presencia. Previamente a ello, el artista/programador pone condicionantes a través del código para que los dispositivos instalados actúen de una forma u otra según los datos recogidos por el sistema.

La voluntariedad del público se concibe como una noción más cercana a la parte conceptual de los proyectos que del aporte físico, ya que las decisiones realizadas conscientemente no implican necesariamente un cambio significativo en la interactividad entre el ordenador y el cuerpo. Es decir, un sistema mapeado para que reaccione cuando el público activa una palanca de forma voluntaria, implica una interacción en el sistema muy parecida a cuando un cuerpo se acerca a una zona donde se establecen unos sensores que detectan la proximidad de un sujeto de forma inconsciente. Por ello, tiene que ver más con la configuración mental o conceptual de la obra, ya que en este sentido, sí supone un cambio determinante. Se concibe que la voluntariedad por parte del público supone un nivel de interacción más elevado porque incluye tanto su parte física como los aspectos mentales que establecen la consciencia del sujeto para elegir lo que dice, optar su posición espacialmente y realizar los movimientos de una manera determinada, en definitiva, hacer lo que quiere hacer. Dado que la experiencia del usuario es un pilar fundamental en la creación de esta tipología de arte, ofrecer un escenario donde el sujeto pueda elegir los parámetros temporales y espaciales, invita a la formalización de una vivencia personal genuina.

Por otro lado, las sinergias entre el arte y otros sectores como la ingeniería, la electrónica, la computarización y la iluminación abren vías para la consecución de proyectos creativos y conceptuales, donde la participación de especialistas es esencial. En muchas ocasiones la resolución de las ideas creativas tiene que pasar por personas especializadas

en diferentes campos para poder ser ejecutadas y es por ello que la simbiosis entre disciplinas vista como una suma de fuerzas puede dar resultados excepcionales.

Tal y como se ha visto, el trabajo artístico contemporáneo para realizar eventos de gran escala se fundamenta en la colaboración. Si bien es cierto que el desarrollo de los procesos creativos a través de diferentes disciplinas se realiza desde mediados del siglo pasado en otras ramificaciones artísticas, se advierte un auge en la creación de colectivos que trabajan unificados como un núcleo artístico dentro del arte de luz atmosférico. El afán por desarrollar dispositivos únicos y sistemas tecnológicamente complejos deriva en integrar conocimientos en materias de codificación y programación. Es por ello que artistas y especialistas en medios tecnológicos se unifican, no solo para realizar una colaboración específica, sino para componer colectivos que desarrollan con el mismo equipo una trayectoria dentro de la creación artística. Esta manera de trabajar entre el arte y la tecnología abre cada vez más puertas de experimentación y creación.

En el caso de incluir Internet, softwares o apps on-line diseñadas para extender la interacción a un espacio más amplio, facilita que el artista pueda trascender las barreras físicas del espacio expositivo. Esta cuestión lanza la posibilidad de la participación de personas que se encuentran en diferentes puntos en el globo terrestre de forma simultánea, lo que expande la difusión del mensaje y la muestra expositiva. No obstante, al mismo tiempo se pierde uno de los pilares fundamentales en el arte de creación lumínica de carácter ambiental; la relación del cuerpo físico con la luz y sobre todo, la experimentación del espacio dentro de los estímulos visuales. La experiencia de sentirse parte del acto que compone la totalidad de la obra supone ir un paso más allá en la percepción adquirida de la intervención. Este tipo de arte trabaja con la luz para crear diferentes ambientaciones, conseguir la inmersión del sujeto que lo visita y en muchos casos, vincular la modulación de la luz y el cuerpo del visitante a través de la interactividad directa. Es por ello que el cuerpo de los visitantes es un factor crucial en el diseño de las instalaciones; siendo la experiencia y la alteración de la percepción individual de suma importancia.

La participación únicamente a través de internet, ofrece a los usuarios colaborar en el proceso y activar la interacción de manera voluntaria y consciente, pero ello no significa que ese sujeto tenga una experiencia plena de la obra. Los datos que genera sirven para que los dispositivos instalados modifiquen la ambientación o modele la luz de diferente manera pero puede haber una carencia importante si se pierde la parte donde se efectúa la vivencia en primera persona. Por lo tanto, la interacción completa se realiza cuando el usuario tiene contacto con el software online y además puede experimentar en primera persona los cambios lumínicos que se producen con su interacción. Si la modificación de la instalación se visualiza

mediante fotos o video, la premisa que tiene este tipo de arte experiencial y sensorial queda frustrada porque el medio en el que se visualiza la obra finalmente es diferente al planteamiento inicial. Por lo tanto, se determina que las obras lumínicas de carácter atmosférico están vinculadas con la experiencia del usuario; en este caso del público y su percepción. Con la presencia de cada persona en el mismo

espacio se formula su propia construcción de la realidad y, por lo tanto, una obra particular por cada individuo. Conviviendo así múltiples lecturas simultáneamente.

Referencias

- Adcock, C. E., & Turrell, J. (1990). *James Turrell: The art of light and space*. Univ of California Press.
- Adriaansens, A., & Brouwer, J. (2002). *Alien Relationships from Public Space: A Winding Dialog with Rafael Lozano-Hemmer*. Transurbanism, NAI Publishers, Rotterdam.
- Arozqueta, C. (2014). Connecting Realities: Rafael Lozano-Hemmer's Pulse-based Works. *Journal of Science and Technology of the Arts*, 6(2), 21.
- Barbican Centre. (12 de febrero del 2014). United Visual Artists: Momentum. [Video]. Youtube. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=B5FjvaKSyA>
- Barragán, A. (3 de octubre del 2018). ¿Cuántas personas murieron en Tlatelolco?. Verne, El País. Retrieved from https://verne.elpais.com/verne/2018/10/03/mexico/1538531197_926166.htm
- Brown, K. (2014). Computer art and the cosmopolitan imagination. *Interactive Contemporary Art: Participation in Practice*, 37-56.
- Butterfield, J., MacHugh, J., Irwin, R., Turrell, J., Nordman, M., Wheeler, D., & Vogel, S. K. (1993). *The art of light & space*. New York: Abbeville press.
- Chavarría, J. (2002). *Artistas de lo inmaterial*. Editorial Nerea
- Correa, J. D. C. (2017). Programar el mundo en el contexto de las tecnologías libres y las culturas Hacker-Maker: Caso de estudio: Hitec Lab. Jose David Cuartas Correa.
- Creators. (10 de marzo del 2014). Distorting Space and Time | United Visual Artists' Momentum. [Video]. Youtube. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=mPNbH4gRqFM&t=168s>
- Eliasson, O., & Ulrich, H. (2008). VIII - the vessel interview, part II: Flight from dubrovnik to berlin. the conversation series; vol. 13. Matthew Gaskins.
- Etherington-Smith, M. (2006). *James turrell: A life in light*. Somogy Publishers.
- Ferdoush, S., & Li, X. (2014). Wireless sensor network system design using Raspberry Pi and Arduino for environmental monitoring applications. *Procedia Computer Science*, 34, 103-110.
- Franco, L. F. E., & Adolfo, A. R. J. (2010). Distancias: instalación interactiva en el espacio público basada en el uso de dispositivos móviles [Distances: interactive installation in public space, using mobile devices].
- Frichot, H. (2008). Olafur Eliasson and the circulation of affects and percepts: in conversation. *Architectural design*, 78(3), 30-35.
- Gayford, M. (2015, January). A new romantic. In *Apollo* (Vol. 181, No. 627, pp. 46-51). *Apollo Magazine Ltd.*
- González, D., & Bermúdez Sabel, H. (2019). *Humanidades digitales: miradas hacia la Edad Media*. De Gruyter.
- Grynsztejn, M., Guerra, C. (2008). *Olafur Eliasson. La naturaleza de las cosas*. Fundación Miró y Fundación Caixa Girona.
- Haber, Alicia. (2013) "Arte, ciencia y tecnología: Rafael Lozano-Hemmer." *El País*. Montevideo, Uruguay, 2014.
- Jezik, Enrique. (2003). "Rafael Lozano-Hemmer – Laboratorio Arte Alameda." *ArtNexus*, vol. 2, no. 50, September – November, 2003. Bogotá, Colombia.
- Kleinman, S. E. (2015). *Voz Alta: The Sound of a Collective Memory*.
- Lewallen, C., & Bowen, D. (2019). *Bruce Nauman: Spatial Encounters*. University of California Press. (p.13)
- Lozano-Hemmer, R. (2003). Amodal suspension. Yamaguchi Center for Arts and Media (YCAM) in Japan—a large-scale interactive installation developed for the opening of the new Yamaguchi Center for Arts and Media (YCAM) in Japan. *Between*, 1-24.
- Lozano-Hemmer, R. (2002). Vectorial elevation. *Leonardo*, 35(5), 554-554.
- Martinez Sanchez, Cuautli. (2014) *Espacio Aural: Instalación Sonora Interactiva*. 2014.
- Morgan, R. C. (Ed.). (2002). *Bruce Nauman*. Johns Hopkins University Press.
- Nauman, B., & Blume, E. (2015). *Bruce Nauman. Fondation Cartier pour l'art contemporain*.
- Obirst, H. U., Eliasson, O. (2007). VIII — The vessel interview, part II: NetJets flight from Dubrovnik to Berlin, 2007. In Olafur Eliasson & Hans Ulrich Obirst: *The Conversation Series*; Vol. 13.
- Oiz Elgorriaga, I. (2014). Mapping. Luz, sonido, espacio y percepción.
- Pocosgnich, Andrea (2014). *Adrien M / Claire B Hakanai*. 24 - 25 October 2014. Romaeuropa fondazione. Romaeuropa festival. Linfa Vitale.
- Randon International, (3 de octubre del 2012). *Rain Room*. Retrieved from <https://www.random-international.com/rain-room-2012>

- Ribeiro, D., Torres, P., & Pereira, P. (2006). DMX–light control. In *2º Workshop de Investigação e Desenvolvimento em Engenharia Electrotécnica e das Telecomunicações. WIDEET'06*.
- Sánchez Díez, I. (2020). Tipificación y práctica de obras artísticas fundamentadas en la luz de carácter ambiental. (Tesis Doctoral). Universidad del País Vasco. UPV-EHU.
- Sánchez Segovia, J. (2015). Skyspace. James Turrell. Paradigma de integración al espacio natural: una aproximación a la muerte desde el límite [Aisthesis en “second wind, 2005”]. (Tesis doctoral). Universidad Miguel Hernández. Elche.
- Shimoda, K. E., & de Campos, G. B. 2020. Espetáculo Pixel: uma fusão entre dança contemporânea e design gráfico generativo.
- Soltani, A. (2011, August). Mapping Architectural Appearances, Affects, and Amodality. In DMS (pp. 74-77).
- Turrell, J., Coplans, J., de Wilde, E., & Adcock, C. E. (1985). Occluded Front, James Turrell. Lapis Press. (p.25)
- Walder, Paul (2012). "Rafael Lozano-Hemmer: fragmentos de un código fuente. Rafael Lozano Hemmer: fragments of a source code." Art.es., Spain.

Sección Especial: Interacción 2022

Editorial Interacción 2022

Una vez recuperada la situación de normalidad tras la pandemia de COVID-19, en 2022 por fin el Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador, que auspicia la Asociación Interacción Persona-Ordenador (AIPO) pudo volver a celebrarse de manera totalmente presencial, en lo que fue su edición XXII. El congreso tuvo lugar en el campus de Teruel de la Universidad de Zaragoza, con la organización por parte de miembros de los grupos AffectiveLab y EduQTech y la colaboración de la Escuela Universitaria Politécnica de Teruel, la Fundación Universitaria Antonio Gargallo y la propia Universidad de Zaragoza. El congreso integró también la sexta edición del workshop Rehab.

En la línea que se viene siguiendo desde que se creó esta revista, se presenta aquí un número especial con una selección de artículos presentados en esta edición del congreso. En concreto, se presentan diez trabajos originales de investigación y dos presentaciones de la actividad de grupos de investigación.

Uno de los ámbitos de investigación que viene ganando peso en el congreso es el del arte interactivo, sobre todo a raíz del empuje dado en la edición 20/21 celebrada en Málaga. En ese sentido, en este número especial, Blanca Montalvo, Javier Artero y Alberto Cajigal presentan el trabajo “Diseño y desarrollo de una obra de arte electrónico para visión periférica: Imagen imperfecta 2.0”, en el que se presenta la segunda versión de una obra en la que exploran los límites de la percepción visual y en concreto de la visión periférica del individuo.

Pasando a un ámbito más clásico del congreso, como es la experiencia de usuario, en el trabajo “Efectos de las condiciones ambientales en la aceptación tecnológica de los vehículos autónomos a partir de un enfoque de simulación: Diseño preliminar de investigación”, los autores, Tatiana Ximena del Pilar Ortigón Sarmiento, Patricia Paderewski, Francisco Gutiérrez Vela, Sousso Kelouwani y Álvaro Uribe Quevedo, presentan un diseño de investigación preliminar, basado en el modelo de aceptación tecnológica TAM, que busca evaluar e inferir el nivel de aceptación de los vehículos autónomos, así como el comportamiento de los usuarios a la hora de utilizarlos e interactuar con ellos.

En el ámbito de la realidad virtual aplicada a temas sanitarios está enmarcado el trabajo “Desarrollo y evaluación de un simulador de RV para la valoración obstétrica de cérvix y fontanelas”, cuyos autores son Carolina Ordoño López, José Pascual Molina Massó y Ana Belén García Bravo. En ese trabajo se describe el desarrollo y evaluación de un simulador

de realidad virtual para el entrenamiento de la técnica de exploración en el campo de la Obstetricia. Específicamente, el trabajo está centrado en la exploración que realizan las matronas para localizar las fontanelas en la cabeza del feto y así averiguar su orientación, clave para adelantarse a posibles complicaciones.

Dentro del campo de la inteligencia ambiental se enmarca el trabajo “Construir modelos de reconocimiento de la actividad simple humana mediante simulaciones 3D basadas en agentes” de Susana Bautista Blasco y Marlon Cárdenas-Bonet. En él, se propone aprovechar datos del usuario y del entorno para aprender patrones de actividad a través del entrenamiento mediante el uso de simulaciones basadas en agentes, siendo el objetivo final configurar avatares en escenarios 3D para que reproduzcan aquellas actividades físicas que el usuario real no puede realizar o repetir a demanda por su condición física.

Los entornos y metodologías para el diseño y desarrollo de sistemas interactivos conforman un campo tradicional dentro de la Interacción Persona-Ordenador. Ahí se enmarca el trabajo “Co-CIAT: Un Entorno para el Modelado Colaborativo en Notación CIAN”, en el que los autores, Yoel Arroyo Rodríguez-Peral, Ana Isabel Molina y Miguel Ángel Redondo, presentan un editor gráfico colaborativo para la especificación de sistemas de trabajo en grupo usando una notación existente desarrollada en el ámbito de su propio grupo de investigación.

El reconocimiento de expresiones faciales y de emociones a partir de ellas es abordado en el trabajo “Sobre el reconocimiento de emociones y la precisión de los clasificadores” de los autores Maria Francesca Roig-Maimó, Miquel Mascaró Oliver, Esperança Amengual Alcover y Ramon Mas-Sansó. En él, se plantean la cuestión de si el objetivo a perseguir al entrenar modelos de redes neuronales en el ámbito del reconocimiento de expresiones faciales debe basarse únicamente en alcanzar altos valores de precisión de reconocimiento o si también es importante centrarse en tratar de emular el comportamiento humano.

También está relacionado con el ámbito de la detección de emociones el trabajo “Análisis emocional para el bienestar de los ancianos en el proceso de interacción digital” de los autores Javier Navarro Alamán, Raquel Lacuesta, Iván García-Magariño y Silvia Hernández Muñoz. En él se presenta el diseño de un algoritmo que permita detectar estados emocionales en el usuario fruto del proceso de interacción, de cara a que la determinación de dichos estados

y la adaptación realizada pueda repercutir en una mayor adhesión y aceptación del sistema.

El campo de los juegos, en sus diferentes variantes, viene recibiendo mucha atención en las últimas ediciones del congreso. Así, se presentan en este número especial varias contribuciones en ese sentido. Un primer trabajo en esa línea es “Objetivos de juego y motivadores en sistemas basados en juego” de Juan Antonio Trillo Manzano, Francisco Luis Gutiérrez Vela y Patricia Paderewski Rodríguez. En el artículo se clasifican los objetivos de juego que prevalecen en los sistemas basados en juego, así como los factores motivadores que se pueden encontrar en ellos. A partir de ahí, los autores establecen una relación entre ambos elementos para finalmente obtener una representación de la influencia de los tipos de motivadores en los diferentes objetivos de juego,

Otro trabajo en ese ámbito es el titulado “Un Catálogo de Patrones de Mecánicas y Elementos de Juego para Experiencias de Juego Sociales Pervasivas”. En él, los autores, Ramón Antonio Valera-Aranguren, Patricia Paderewski-Rodríguez, Francisco Luis Gutiérrez-Vela y Jeferson Arango-López, describen la recopilación de un conjunto de patrones relacionados con los juegos sociales que funcionan en un ambiente de computación pervasiva. Esa recopilación parte del análisis de un conjunto de experiencias de juego, a partir del cual se ha hecho el reconocimiento de un conjunto de mecánicas y elementos de juego que sirve de base para el catálogo final.

Finalmente, el último artículo de investigación, también del ámbito de los juegos es el titulado “Clasificación de los tipos de jugadores en la población adulta mayor en sistemas basados en juego”, cuyos autores son Johnny Alexander

Salazar Cardona, Francisco Luis Gutiérrez Vela, Jeferson Arango López y Patricia Paderewski. Los autores han buscado en este trabajo plantear una caracterización de tipos de jugadores en adultos mayores cuando interactúan con sistemas basados en juego, tomando como referencia diferentes tipos de motivaciones.

En cuanto a los dos trabajos consistentes en descripciones de la actividad de grupos de investigación, para empezar, el grupo de Investigación Tecnologías Interactivas-TecInt, de la Universidad Presbiteriana Mackenzie, de Brasil, presenta su actividad en cuanto a trabajos de investigación relacionados con las interacciones de los usuarios en Realidad Virtual, Aumentada y Mixta, Interfaces Multimodales, Usabilidad, Aplicaciones Móviles, etc., aplicando todo ello en las áreas de salud y educación.

Por su parte, el grupo de investigación MCFLAI, de la Universidad de Cantabria, España, presenta en su artículo su trabajo en líneas relacionadas con Interacción Persona-Ordenadores tales como: medición de la calidad en uso de sistemas interactivos, soluciones m-health y u-health en el ámbito de la neurología o sistemas de ayuda en entornos colaborativos.

Para terminar, queremos manifestar nuestro agradecimiento a las editoras de la revista por habernos dado la posibilidad de publicar este número especial, que permite difundir trabajos notables presentados en el congreso. Nuestro agradecimiento también a los autores de los artículos y a los revisores de los mismos por su disponibilidad y su trabajo en beneficio de la calidad de este número especial.

**Jesús Gallardo, Sergio Albiol, Sandra Baldassarri,
Silvia M^a Hernández, Raquel Lacuesta
y Arcadio Reyes-Lecuona**
Editores invitados

Sobre el reconocimiento de emociones y la precisión de los clasificadores

About emotion recognition and the accuracy of classifiers

Maria Francesca Roig-Maimó

Departamento de Ciencias
Matemáticas e Informática
Universitat de les Illes Balears
Palma, España
xisca.roig@uib.es

Miquel Mascaró-Oliver

Departamento de Ciencias
Matemáticas e Informática
Universitat de les Illes Balears
Palma, España
miquel.mascaro@uib.es

Esperança Amengual-Alcover

Departamento de Ciencias
Matemáticas e Informática
Universitat de les Illes Balears
Palma, España
eamengual@uib.es

Ramon Mas-Sansó

Departamento de Ciencias
Matemáticas e Informática
Universitat de les Illes Balears
Palma, España
ramon.mas@uib.es

Recibido: 03.10.2022 | Aceptado: 29.11.2022

DOI: <https://doi.org/10.65234/interaccion.67>

Palabras Clave

Reconocimiento de expresiones faciales
Reconocimiento de emociones
Aprendizaje automático
Dataset de expresiones faciales
Redes neuronales convolucionales
LIME

Resumen

El reconocimiento de expresiones faciales es un tópico muy popular desde el surgimiento de la Inteligencia Artificial. Desde el punto de vista de la Interacción Persona-Ordenador también existe un gran interés, ya que la expresión facial detectada aporta una gran cantidad de información a la hora de discernir la emoción que transmite. Hoy en día, las redes neuronales son uno de los sistemas de aprendizaje computacional más utilizados para reconocer y analizar emociones y, en general, los principales esfuerzos se dirigen a entrenar modelos a partir de expresiones faciales que alcancen el máximo rendimiento posible en términos de precisión. Pero, en realidad, los humanos no son perfectos en el reconocimiento de emociones a partir de expresiones faciales estáticas. En este trabajo, planteamos la cuestión de si el objetivo a perseguir al entrenar tales modelos debe basarse únicamente en alcanzar altos valores de precisión de reconocimiento o si también debemos centrarnos en tratar de emular el comportamiento humano. Intentamos llegar a una respuesta a través de comparar los resultados de clasificación de emociones en dos experimentos: uno con participantes humanos y otro con una red neuronal convolucional.

Keywords

Facial expression recognition
Emotion recognition
Machine learning
Facial expression dataset
Convolutional neural networks
LIME

Abstract

The recognition of facial expressions is a very popular topic since the emergence of Artificial Intelligence. From the point of view of Human-Computer Interaction, there is also great interest since the detected facial expression provides a large amount of information to recognize its associated emotion. Nowadays, neural networks are one of the most widely used computational learning systems for recognizing and analyzing emotions from facial expressions. Usually, the main efforts are directed towards obtaining the maximum performance of the system in terms of high accuracy. But in reality, humans are not that good at distinguishing between emotions from static facial expressions. In this paper, we raise the question of whether the goal to pursue when training models should be based solely on achieving high values of accuracy or whether we should also focus on trying to emulate human behavior. We try to provide an answer through two experiments: one with human participants and the other one with a convolutional neural network.

1. Introducción

El reconocimiento de expresiones faciales es un tópico sobre el que se ha escrito mucho desde el surgimiento de la Inteligencia Artificial (IA) (Bettadapura, 2012). Desde el punto de vista de la Interacción Persona-Ordenador (IPO) también existe un creciente interés, ya que, junto con el análisis de posturas y gestos, las emociones transmitidas a través de las expresiones faciales aportan una gran cantidad de información a la hora de tratar la comunicación no verbal (Cowie et al., 2001).

Existen aplicaciones de IPO en las que sería deseable tener en cuenta el estado emocional del usuario. Tal sería el caso, por ejemplo, de las aplicaciones que cumplen una función social: como las aplicaciones de tutoría automática, las aplicaciones de aprendizaje, los asistentes personales o las aplicaciones para el cuidado de personas mayores, donde la capacidad de reconocer las emociones del usuario podría mejorar su usabilidad.

Hoy en día, las redes neuronales son uno de los sistemas de aprendizaje automático más utilizados para reconocer y analizar la expresión humana. Sin embargo, el entrenamiento de dichos sistemas requiere de grandes *datasets* que deben estar correctamente etiquetados para garantizar altas tasas de precisión. Afortunadamente, hay una cantidad considerable de *datasets* disponibles que se pueden usar para entrenar y evaluar el rendimiento de los nuevos modelos de reconocimiento (Lucey et al., 2010; Lundqvist, Flykt, & Öhman, 1998; Lyons, Kamachi, & Gyoba, 1997; Mollahosseini, Hasani, & Mahoor, 2017; Valstar, Pantic, & others, 2010). Recientemente, el uso de *datasets* sintéticos se está popularizando, ya que proporcionan grandes cantidades de imágenes generadas sintéticamente, etiquetadas automáticamente y libres de problemas de privacidad de datos (Colbois, de Freitas Pereira, & Marcel, 2021; Oliver & Amengual Alcover, 2020). Las imágenes con un aspecto muy realista, como las que se generan con las redes generativas antagónicas (GAN) y las secuencias dinámicas con aspecto de avatar utilizadas en las aplicaciones de realidad virtual, han demostrado ser una buena sustitución de las imágenes reales, ya que obtienen tasas de reconocimiento similares a las obtenidas con *datasets* de imágenes reales (Colbois et al., 2021; del Aguila et al., 2021).

Las tasas de reconocimiento de emociones de los modelos de aprendizaje automático cuando se usan imágenes reales oscilan entre el 70% y el 95% (Ramis, Buades, Perales, & Manresa-Yee, 2022) y cuando se usan imágenes sintéticas estas tasas pueden incluso superarse (hasta un 99%) (Chirra, Uyyala, & Kolli, 2021). Habitualmente, los esfuerzos en la creación de nuevos modelos de aprendizaje automático están relacionadas con la mejora de los índices de reconocimiento de los modelos ya existentes, normalmente expresados en términos de precisión, con el objetivo de conseguir entrenar un modelo que sea capaz de realizar una clasificación perfecta. Pero ¿son estas

altas tasas de precisión perseguidas por los modelos de aprendizaje automático equiparables a cómo los humanos realmente reconocen las emociones cuando miran la imagen de una expresión facial estática sin contexto?

La primera propuesta para determinar si un sistema se podía considerar inteligente data del 1950 y es conocido como el *Test de Turing*. Este test fue presentado por Alan Turing en 1950 (Turing, 1950) y consiste en determinar si una máquina puede demostrar la misma inteligencia que un ser humano en términos de generar los mismos resultados que generaría un humano. Este mismo principio de definir la inteligencia artificial como sistemas que actúan como humanos fue también establecido por Russell & Norvig en 1995 en su definición universal de lo que es la Inteligencia Artificial (Russell & Norvig, 1995). Según estas premisas, podría considerarse que el objetivo original de los algoritmos de aprendizaje automático es crear una inteligencia artificial que se comporte como los humanos. Por este motivo, en este artículo, además de centrarnos únicamente en las medidas de rendimiento para validar un modelo, nos preguntamos si un análisis de la similitud entre el comportamiento de reconocimiento del modelo y el comportamiento de reconocimiento humano también podría ser una buena medida a tener en cuenta para validar un modelo.

Con este propósito en mente, utilizamos la base de datos de expresiones faciales sintéticas UIBVFED (Oliver & Amengual Alcover, 2020) para comparar el rendimiento obtenido por un algoritmo de aprendizaje automático y el rendimiento obtenido por participantes humanos al reconocer expresiones faciales sintéticas estáticas. Realizamos dos experimentos: el primero con participantes humanos y el segundo con una red neuronal convolucional.

Los resultados obtenidos muestran que, contrariamente al objetivo que se persigue cuando se entrena un modelo de aprendizaje automático, los humanos no son muy buenos para distinguir entre diferentes emociones cuándo la única información disponible está formada por imágenes de expresiones faciales estáticas y fuera de contexto; incluso un modelo simple de red neuronal obtiene mejores resultados. Por eso, planteamos si el objetivo al entrenar un modelo de aprendizaje automático debería ser conseguir una clasificación perfecta en términos de precisión o bien conseguir emular el proceso de clasificación humano, incluyendo también sus confusiones. ¿Deberíamos conseguir un clasificador de expresiones faciales infalible o deberíamos conseguir un clasificador de expresiones faciales que fuera indistinguible de un humano, es decir, que fuera capaz de superar el *Test de Turing*?

El resto de este artículo está organizado de la siguiente manera: la Sección 2 presenta el *dataset* utilizado para realizar los experimentos. La Sección 3 describe el experimento realizado con participantes humanos para analizar como identifican las emociones a partir de expresiones faciales estáticas de avatares sintéticos. La Sección 4 describe el experimento realizado con una red neuronal convolucional. La Sección 5 discute los resultados obtenidos en los dos experimentos y, finalmente, la última sección resume las conclusiones del trabajo.

2. El dataset UIBVFED

Para comprender y comparar cómo se comportan las máquinas y los humanos al reconocer e identificar emociones a partir de expresiones faciales sintéticas estáticas, utilizamos la base de datos UIBVFED (Oliver & Amengual Alcover, 2020). UIBVFED es la primera base de datos compuesta enteramente por avatares sintéticos que categoriza hasta 32 expresiones faciales. El *dataset* se compone de 640 imágenes faciales de 20 personajes virtuales. Los avatares representan a 10 hombres y 10 mujeres de diferentes etnias, de entre 20 y 80 años. Cada uno de los avatares realiza 32 expresiones faciales que se clasifican en base a las seis emociones universales (ira, asco, miedo, alegría, tristeza y sorpresa) más la emoción neutral. La Figura 1 muestra la expresión facial de sonrisa desleal (asociada a la emoción de alegría) de algunos de los personajes de la base de datos.



Figura 1: La expresión facial de la sonrisa desleal.

Las expresiones de los avatares se han generado utilizando deformaciones que siguen estrictamente las especificaciones presentes en la literatura para las unidades de acción (*Action Units*) que describen la configuración del sistema de código de acción facial (FACS) (Ekman & Friesen, 1978). De esta forma, el etiquetado de las emociones es objetivo y se obtiene directamente de tales configuraciones. En la Tabla 1 podemos observar la equivalencia entre una expresión facial y su emoción asociada.

3. El experimento con humanos

En esta sección detallamos el experimento realizado con participantes humanos para analizar cómo los humanos reconocen las emociones al observar una imagen de un avatar realizando una expresión facial.

3.1 Participantes

Veintidós participantes (3 mujeres) fueron reclutados del campus de la universidad local.

Tabla 1: Expresiones faciales asociadas a emociones

Emoción	Expresión facial
Neutral (<i>neutral</i>)	Neutral (<i>neutral</i>)
Ira (<i>anger</i>)	Ira con labios comprimidos (<i>enraged compressed lips</i>), ira gritando (<i>enraged shouting</i>), enojo (<i>mad</i>), ira severa (<i>anger</i>)
Asco (<i>disgust</i>)	Desdén (<i>disdain</i>), asco (<i>disgust</i>), repulsión (<i>physical repulsion</i>)
Miedo (<i>fear</i>)	Miedo (<i>afraid</i>), terror (<i>terror</i>), muy asustado (<i>very frightened</i>), preocupado (<i>worried</i>)
Alegría (<i>joy</i>)	Risa falsa 1 (<i>false laughter 1</i>), sonrisa falsa (<i>false smile</i>), sonrisa con la boca cerrada (<i>smiling closed-mouth</i>), sonrisa con la boca abierta (<i>smiling open-mouthed</i>), sonrisa sofocada (<i>stifled smile</i>), risa (<i>laughter</i>), risa estruendosa (<i>uproarious laughter</i>), risa falsa 2 (<i>false laughter 2</i>), sonrisa avergonzada (<i>abashed smile</i>), sonrisa ansiosa (<i>eager smile</i>), sonrisa congraciadora (<i>ingratiating smile</i>), sonrisa astuta (<i>sly smile</i>), sonrisa melancólica (<i>melancholy smile</i>), sonrisa desleal (<i>debauched smile</i>)
Tristeza (<i>sadness</i>)	Llorando con la boca cerrada (<i>crying closed mouth</i>), llorando con la boca abierta (<i>crying open-mouthed</i>), miserable (<i>miserable</i>), casi llorando (<i>nearly crying</i>), triste (<i>sad</i>), tristeza reprimida (<i>suppressed sadness</i>)
Sorpresa (<i>surprise</i>)	Sorpresa (<i>surprise</i>)

Las edades oscilaron entre 24 y 53 años con una media de 28.64 años ($SD = 6.54$). No hubo requisitos de experiencia previa para participar en el estudio.

3.2 El cuestionario

El cuestionario estaba formado por cuarenta y dos preguntas. Cada pregunta consistía en una imagen de un avatar sintético del *dataset* UIBVFED realizando una expresión facial y contenía siete opciones de respuesta correspondientes a las 6 emociones universales más la neutral: ira, asco, miedo, alegría, tristeza, sorpresa y neutral (ver Figura 2).

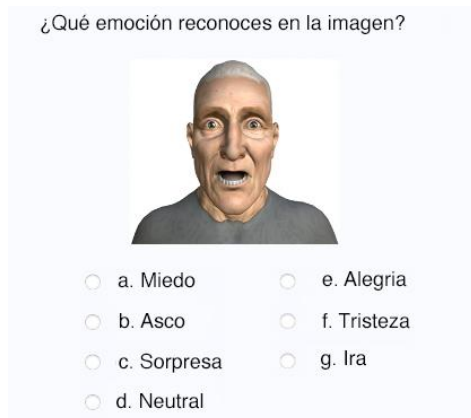


Figura 2: Ejemplo de una pregunta del cuestionario.

El banco de preguntas estaba compuesto por 660 preguntas, una para cada una de las imágenes del *dataset* (ver Tabla 2). El cuestionario que se presentó al participante contenía 42 preguntas: 6 preguntas para cada una de las 7 emociones (6 preguntas $\times$ 7 emociones = 42 preguntas) que fueron seleccionadas aleatoriamente del banco de preguntas. El orden de las preguntas presentadas a los participantes fue aleatorio, al igual que el orden en que se presentaban las opciones de respuesta de cada una de las preguntas.

Tabla 2: Número de preguntas por emoción del banco de preguntas

Emoción	Numero de preguntas
Neutral	20
Ira	80
Asco	60
Miedo	80
Alegría	280
Tristeza	120
Sorpresa	20

3.3 Procedimiento

Después de explicar los objetivos del experimento, se instruyó a los participantes para que se sentaran y respondieran el cuestionario con las cuarenta y dos preguntas. Se les indicó que observaran la imagen presentada en la pregunta e intentaran identificar la emoción correspondiente a la expresión facial del avatar sintético que aparecía en la pregunta.

La respuesta al cuestionario tuvo una duración de unos 10 minutos por participante.

3.4 Resultados

En esta sección presentamos los resultados de clasificación obtenidos en términos de precisión y matriz de confusión. La precisión es una medida de rendimiento global calculada como

la proporción de clasificaciones correctas sobre el total de clasificaciones realizadas. Una matriz de confusión es una tabla utilizada para describir el desempeño de una clasificación que resume el número de clasificaciones correctas e incorrectas para cada una de las clases.

La clasificación de emociones realizada por los participantes obtuvo una precisión global de 0.56.

La Figura 3 muestra la matriz de confusión obtenida con la clasificación de emociones realizada por los participantes humanos. Los mejores resultados de clasificación fueron para las emociones **neutral** (88.2%) y **sorpresa** (84.8%), mientras que la peor emoción identificada fue la emoción de **miedo** (25.8%).

Las emociones más habitualmente confundidas fueron miedo con sorpresa (36.4%) y miedo con neutral (22%).

		Objetivo						
		Ira	Asco	Miedo	Alegría	Neutral	Tristeza	Sorpresa
Predicción	Ira	46.2%	16.7%	3%	9.1%	6.4%	3.8%	3.8%
	Asco	11.4%	52.3%	3.8%	6.4%	0%	20.5%	0%
	Miedo	3.8%	2.3%	25.8%	7.3%	0%	7.6%	11.4%
	Alegría	2.3%	0%	3%	54.5%	2.7%	1.5%	0%
	Neutral	20.5%	10.6%	22%	14.5%	88.2%	19.7%	0%
	Tristeza	9.8%	18.2%	6.1%	3.6%	1.8%	46.2%	0%
	Sorpresa	6.1%	0%	36.4%	4.5%	0.9%	0.8%	84.8%

Figura 2: Matriz de confusión de la clasificación de las emociones realizada por los participantes humanos.

4. El experimento con modelos de aprendizaje automático

En esta sección detallamos el experimento realizado para analizar cómo un modelo de aprendizaje automático reconoce las emociones a partir de imágenes de avatares sintéticos realizando expresiones faciales.

4.1 El modelo CNN

En este experimento, usamos una red neuronal convolucional (CNN) simple con tres capas de un patrón de convolución + *max-pooling*, seguido de dos capas densas o completamente

conectadas. La entrada a la red es una imagen en escala de grises de 128x128, con un *stride* de $S=1$ y *zero-padding* en las capas de convolución, asegurándonos así de que las dimensiones espaciales de la entrada no se alterarán y dejando la tarea del submuestreo a la capa de *pool*. En la capa de *pool*, usamos un *max-pooling* de 2x2 para reducir las dimensiones de la entrada. Finalmente, el último tensor de salida de la base convolucional se aplanará en una capa densa. La capa densa final tiene las 7 salidas correspondientes a nuestras 7 clases de emociones. El esquema de la CNN se resume en la Figura 4.

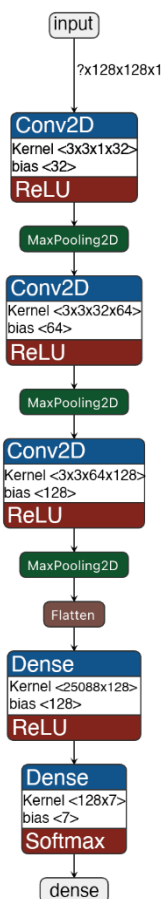


Figura 4: El modelo de red neuronal convolucional.

4.2 Procedimiento

Los pasos de pre-procesamiento incluyen el recorte de la cara, para reducir el posible efecto del fondo de la imagen sobre el entrenamiento de la red neuronal, la conversión de la imagen a escala de grises y el cambio de tamaño de la imagen para que se ajuste al tamaño de 128x128 píxeles de los datos de entrada de la CNN.

Tabla 3: Número de imágenes por emoción en los datasets: dataset completo, dataset de training y dataset de test

Emoción	UIBFED	Training	Test
Neutral	20	16	4
Ira	80	64	16
Asco	60	48	12
Miedo	80	64	16
Alegría	280	224	56
Tristeza	120	96	24
Sorpresa	20	16	4

Para la fase de entrenamiento del modelo CNN usamos el 80% de los datos incluidos en el dataset y para la fase de test usamos el 20% restante de los datos (ver Tabla 3).

4.3 Resultados

El modelo CNN obtuvo una precisión general de 0.88 y los resultados de la clasificación se resumen en la matriz de confusión que se muestra en la Figura 5.

Los mejores resultados de clasificación fueron para las emociones de **alegría** (100%), **ira** (93.8%) y **miedo** (87.5%), mientras que la peor emoción identificada fue la **neutral** (0%). Las emociones más habitualmente confundidas fueron neutral con tristeza (75%) y sorpresa con miedo (50%).

		Objetivo						
		Ira	Asco	Miedo	Alegría	Neutral	Tristeza	Sorpresa
Predicción	Ira	15 93.8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Asco	0%	9 75%	0%	0%	0%	0%	0%
	Miedo	0%	0%	14 87.5%	0%	1 25%	2 8.3%	2 50%
	Alegría	1 6.2%	1 8.3%	0%	56 100%	0%	0%	0%
	Neutral	0%	0%	0%	0%	0%	1 4.2%	0%
	Tristeza	0%	2 16.7%	2 12.5%	0%	3 75%	20 83.3%	0%
	Sorpresa	0%	0%	0%	0%	0%	1 4.2%	2 50%

Figura 5: Matriz de confusión de la clasificación de emociones realizada por el modelo CNN.

5. Discusión

El rendimiento de la clasificación en términos de precisión mostrado por los participantes humanos podría considerarse un rendimiento bajo (0.56). Se obtuvieron buenos resultados (superiores a 0.8) en el reconocimiento de emociones como la neutral y la sorpresa, aunque resultados muy pobres a la hora de reconocer expresiones como la de miedo (sobre 0.25). Además de la información de cuáles son las emociones mejores y peor clasificadas, también es interesante la información de cuáles son las emociones más comúnmente confundidas. Para intentar encontrar una explicación a estas confusiones entre las emociones, en la Tabla 4 hemos relacionado las similitudes entre las diferentes expresiones faciales a partir de las características faciales de cada una de las expresiones de los estudios de Faigin (Faigin, 2012) y, de ellas, hemos extrapolado las similitudes entre emociones. Las conclusiones a las que hemos llegado pueden consultarse de forma resumida en la Tabla 5.

En el caso de las emociones clasificadas por participantes humanos, las emociones más habitualmente confundidas fueron la de miedo con sorpresa (36.4%), un resultado que ya fue previsto por Faigin (ver Tabla 4 y Tabla 5), y cuya explicación radica en que las expresiones faciales de ambas emociones comparten las características de boca abierta y cejas levantadas.

El segundo par de emociones más habitualmente confundido fue la de miedo con neutral (22%). A pesar de que esta confusión no está explícitamente contemplada en el análisis de expresiones faciales similares que hace Faigin, debemos fijarnos en que nuestros participantes también confunden la emoción de tristeza con la neutral en un 19.7% de casos (ver líneas continuas en la Figura 6). Esta transitividad entre la confusión de las emociones miedo-neutral-tristeza parece indicar una confusión indirecta entre las emociones de miedo y tristeza (ver líneas discontinuas en la Figura 6), la cual si que aparece indicada en los estudios de Faigin. Esta confusión indirecta podría explicarse por la similitud entre las emociones miedo-neutral y tristeza-neutral en los niveles menos intensos de sus expresiones faciales asociadas, donde los músculos faciales se encuentran más relajados y, por lo tanto, más cercanos a la expresión facial neutral (ver Figura 7).

Si miramos detalladamente la Figura 7, donde aparecen las expresiones faciales menos intensas asociadas a las emociones miedo, neutral y tristeza, podemos ver que la única diferencia observable a simple vista en las tres expresiones faciales (miedo, neutral y triste) es un ligero cierre gradual de los ojos, así como un sutil cambio en la posición de las cejas; diferencias difícilmente distinguibles para un observador humano.

Tabla 4: Similitud entre las expresiones faciales y sus emociones asociadas (ver Tabla 1)

Emoción	Expresión facial	Expresión facial similar	Emoción similar
Ira	Ira con labios comprimidos	Tristeza reprimida	Tristeza
	Ira severa	-	-
	Ira gritando	-	-
	Enojo	-	-
Asco	Desdén	-	-
	Asco	-	-
	Repulsión	-	-
Miedo	Miedo	Triste	Tristeza
	Terror	Sorpresa	Sorpresa
	Muy asustado	Sorpresa	Sorpresa
	Preocupado	Tristeza reprimida	Tristeza
Alegría	Risa falsa 1	Risa	Alegría
	Sonrisa falsa	Sonrisa con la boca abierta	Alegría
	Sonrisa con la boca cerrada	Sonrisa falsa	Alegría
	Sonrisa con la boca abierta	Sonrisa falsa	Alegría
	Sonrisa sofocada	-	-
	Risa	Llorando con la boca abierta	Tristeza
		Risa falsa 2	Alegría
	Risa estruendosa	-	-
	Risa falsa 2	Risa	Alegría
	Sonrisa avergonzada	-	-
	Sonrisa ansiosa	Sonrisa falsa	Alegría
	Sonrisa congraciadora	-	-
	Sonrisa astuta	-	-
	Sonrisa melancólica	Triste	Tristeza
	Sonrisa desleal	-	-
Tristeza	Llorando con la boca cerrada	Sonrisa sofocada	Alegría
	Llorando con la boca abierta	Risa	Alegría
	Miserable	Preocupado	Miedo
	Casi llorando	-	-
	Triste	Preocupado	Miedo
		Neutral	Neutral
Sorpresa	Tristeza reprimida	-	-
	Sorpresa	Miedo	Miedo

Tabla 5: Similitud entre emociones (resumen de la Tabla 4).

Emoción	Emoción similar
Neutral	-
Ira	Tristeza
Asco	-
Miedo	Tristeza Sorpresa
Alegría	Alegría Tristeza
Tristeza	Alegría Miedo Neutral
Sorpresa	Miedo

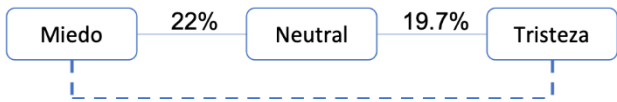


Figura 6: Relación entre las confusiones de las emociones miedo, neutral y tristeza.



Miedo Neutral Triste

Figura 7: Ejemplos de imágenes del mismo avatar realizando la expresión facial de miedo (emoción: miedo), neutral (emoción: neutral) y triste (emoción: tristeza).

En la Figura 8 pueden observarse, ordenadas ascendentemente por grado de intensidad, todas las expresiones faciales asociadas a las emociones de miedo, neutral y tristeza.

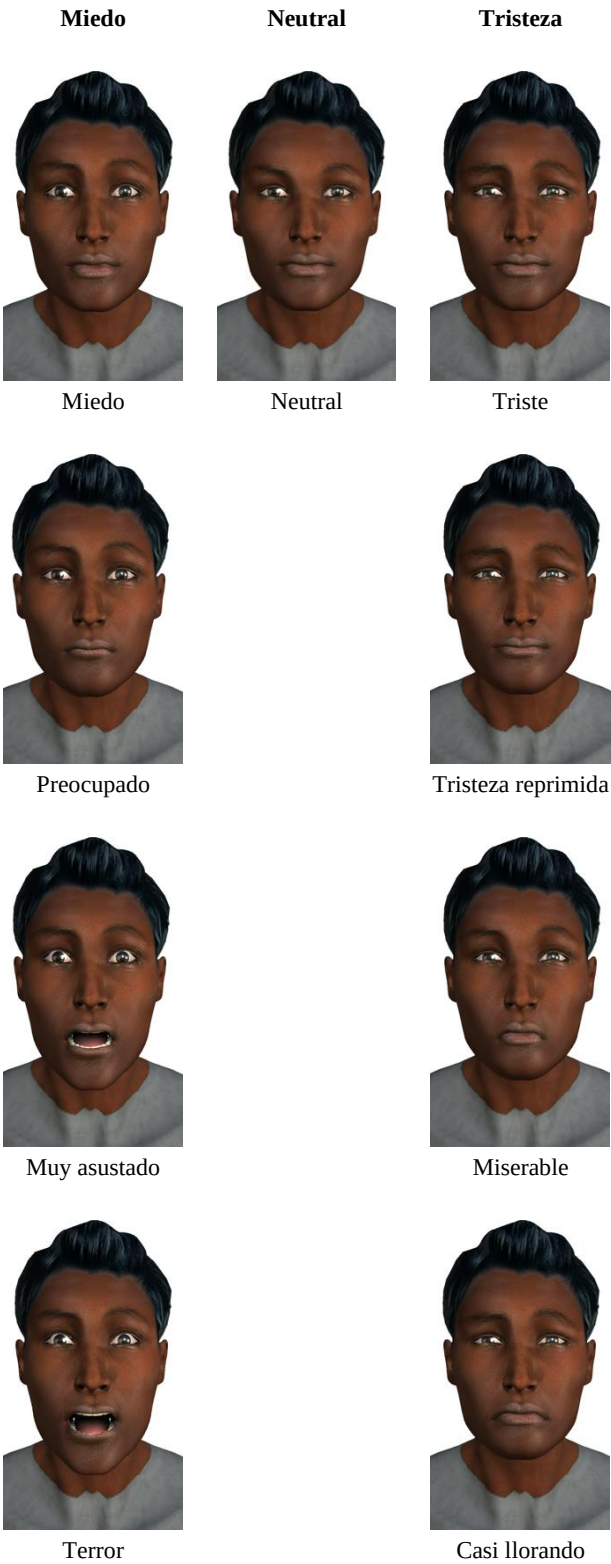


Figura 8: Ejemplos de imágenes del mismo avatar realizando todas las expresiones faciales asociadas a las emociones de miedo (primera columna), neutral (columna central) y tristeza (tercera columna), ordenadas por grado de intensidad (de menor a mayor).

Miedo

Neutral

Tristeza



Llorando con la boca cerrada



Llorando con la boca abierta

Figura 8 (Cont.): Ejemplos de imágenes del mismo avatar realizando todas las expresiones faciales asociadas a las emociones de miedo (primera columna), neutral (columna central) y tristeza (tercera columna), ordenadas por grado de intensidad (de menor a mayor).

Con el modelo de la CNN se obtuvo un rendimiento global de 0.88, un 57% superior al obtenido con participantes humanos. En este caso, los mejores porcentajes de reconocimiento (superiores al 90%) se obtuvieron para las emociones de alegría e ira y los peores resultados fueron para la emoción neutral. Es destacable que no coincidan ninguna de las emociones (ni las mejores ni la peor reconocida) con el comportamiento mostrado por los participantes humanos. Respecto a las emociones más habitualmente confundidas por la CNN: neutral-tristeza (75%) y sorpresa-miedo (50%), ambas confusiones son esperadas según el análisis de Faigin (ver Tabla 4 y Tabla 5) y, en este caso, sí que detectamos una coincidencia entre el comportamiento de la CNN y el comportamiento de los participantes humanos con la confusión entre sorpresa y miedo.

A la hora de entender el porqué de las confusiones de la CNN al clasificar las emociones, nos encontramos con uno de los mayores retos a la hora de analizar las predicciones proporcionadas por una red neuronal, su explicabilidad. La

interpretabilidad de los resultados obtenidos es difícil debido a los robustos y complejos algoritmos que hay detrás del funcionamiento de una red neuronal. Habitualmente, nos vemos obligados a confiar en el resultado obtenido y a obviar el proceso que ha llevado hasta él. Esta necesidad de explicación llevó a la aparición de las técnicas de XAI (Explainable Artificial Intelligence), las cuales permiten al usuario obtener información sobre el proceso que ha seguido un modelo para determinar la respuesta que se ha obtenido (Adadi & Berrada, 2018).

Una de las técnicas de XAI más utilizadas con las CNN, y que permite una explicación sobre la imagen de entrada, es el sistema LIME (Ribeiro, Singh, & Guestrin, 2016). LIME es una abreviación de Local Interpretable Model-Agnostic Explanations. Es un modelo local porque la explicación que obtenemos se refiere a un caso concreto para el que se ha obtenido una predicción y es un modelo agnóstico porque puede explicar cualquier decisión sin necesidad de conocer el funcionamiento interno del modelo que se analiza. Para determinar las partes de la entrada que contribuyen a la predicción, LIME perturba ligeramente la entrada a la red neuronal y observa cómo se comporta la nueva predicción. Después, los puntos que se han perturbado se ponderan de acuerdo con su proximidad a la muestra original y se utilizan para el aprendizaje de un modelo lineal a partir del cual se interpretará la predicción. Para perturbar la imagen original, LIME la divide en un conjunto de super-píxeles o regiones (ver la Figura 9), y determina cuáles de ellos participan en la justificación de la elección de una predicción.



Figura 9: Ejemplo de una imagen mostrando las áreas de la imagen divididas por super-píxeles (nº de super-píxeles = 50).

Por ejemplo, si consideramos la imagen de la Figura 10, correspondiente a la expresión facial asociada a la emoción de sorpresa y que nuestra CNN predice incorrectamente como la emoción de miedo, y queremos determinar qué zonas de la imagen han influido en la respuesta proporcionada por el modelo, podemos hacerlo a través de LIME. La imagen de la

Figura 11 muestra la explicación proporcionada por LIME resaltando en azul los super-píxeles o áreas de la imagen que han tenido peso sobre la predicción. Observamos que las áreas de la imagen que llevan a la predicción se centran en la parte de los ojos, la boca y la frente, áreas que coinciden con las zonas donde se sitúan las características faciales distintivas de las diferentes expresiones faciales. En este caso concreto, la predicción de miedo se produce al observar en la imagen las características de boca abierta, ojos abiertos y cejas levantadas, las cuales forman parte de algunas de las expresiones faciales asociadas a la emoción de miedo (además de a la expresión facial de sorpresa). Por lo tanto, esta confusión concreta de la CNN entre miedo-sorpresa es coherente con las emociones similares de Faigin.



Figura 10: Avatar generando la expresión facial asociada a la emoción de sorpresa.

Label: FEAR
Probability: 0.98
Explanation Fit: 0.19



Figura 11: Explicación proporcionada por LIME de una predicción de una imagen correspondiente a la emoción de sorpresa (expresión facial: sorpresa) incorrectamente etiquetada como miedo.

Como ejemplo de explicación para una expresión correctamente clasificada, la Figura 12 resalta las zonas en las que se ha fijado la CNN para clasificar correctamente la emoción de miedo a partir de la expresión facial "muy asustado". Se ve la influencia que tienen en la predicción las zonas de la boca y los ojos. En concreto: boca abierta, ojos muy abiertos y cejas levantadas y juntas.

Label: FEAR
Probability: 1
Explanation Fit: 0.56



Figura 12: Explicación proporcionada por LIME de una predicción de una imagen correspondiente a la emoción de miedo (expresión facial: muy asustado) correctamente etiquetada como miedo.

La Figura 13 corresponde a la explicación de la clasificación incorrecta de una emoción neutral como una emoción de tristeza. Como ya habíamos comentado, la emoción neutral, si nos fijamos en la zona de los ojos y la boca, es fácilmente confundible con el nivel menos intenso de la expresión facial asociada a la emoción de tristeza (triste), muy parecida a la neutral.

Label: SADNESS
Probability: 1
Explanation Fit: 0.65



Figura 13: Explicación proporcionada por LIME de una predicción de una imagen correspondiente a la emoción neutral (expresión facial: neutral) incorrectamente etiquetada como tristeza.

Label: SADNESS
Probability: 0.98
Explanation Fit: 0.37



Figura 14: Explicación proporcionada por LIME de una predicción de una imagen correspondiente a la emoción de tristeza (expresión facial: triste) correctamente etiquetada como tristeza.

La Figura 14 corresponde a la explicación de una predicción correcta de la expresión facial triste como emoción de tristeza. La red neuronal ha llegado a esta explicación fijándose únicamente en la parte de los ojos, ligeramente cerrados por la presión hacia abajo del pliegue oblicuo con un movimiento hacia arriba del párpado inferior, y las cejas. Tiene sentido que no considere la parte de la boca, ya que esta expresión facial se caracteriza por una boca relajada.

Debemos tener en cuenta que, en todos los ejemplos, las explicaciones generadas son a nivel de super-píxel, es decir, como puede verse en la Figura 9, un super-píxel puede no corresponderse exactamente con una característica facial, es decir, un ojo o la boca en su totalidad. La Figura 14 muestra claramente cómo parte de la zona del ojo izquierdo del personaje incluye también una parte de la frente, esto es debido a que algunos de los super-píxeles que incluyen el ojo contienen estas zonas adicionales (ver Figura 9).

Ante los resultados obtenidos, podemos deducir que las CNN realizan un análisis más detallado de la imagen de entrada que el análisis visual que realiza un humano al observar una imagen, pudiendo fijarse más en las pequeñas sutilezas (detectadas en forma de características por los distintos filtros que aplica nuestra red neuronal) y, por lo tanto, pudiendo distinguir mejor entre expresiones faciales similares. Por lo que el modelo CNN, aunque sea simple, al poder fijarse más en los detalles de la imagen, se asemeja más al comportamiento teórico esperado según Faigin.

6. Conclusión

El reconocimiento de expresiones faciales es un tema frecuentemente abordado desde el surgimiento de la Inteligencia Artificial y, generalmente, los principales esfuerzos suelen estar dirigidos a aumentar la precisión de clasificación de los modelos de aprendizaje automático entrenados. Pero, si tenemos en cuenta que el objetivo original de la Inteligencia Artificial no era crear una inteligencia perfecta sino crear una inteligencia que se comportara como los humanos, nos preguntamos si, además de centrarnos en las medidas de rendimiento de los modelos de aprendizaje automático para validar un modelo, también deberíamos centrarnos en lo parecido que es su comportamiento al comportamiento humano.

Realizamos un experimento con participantes humanos para analizar cómo los humanos reconocen las emociones al observar una expresión facial en un avatar sintético estático, obteniendo una precisión general de 0.56, lo que se consideraría como un mal resultado de rendimiento para un modelo de aprendizaje automático.

Los resultados de este experimento nos dan una idea de lo difícil que es, incluso para los humanos, distinguir correctamente las emociones a partir de imágenes estáticas sin contexto. Como ya indicó Faigin (Faigin, 2012), existen expresiones faciales que tienen acciones faciales similares, lo que explica que existan emociones fácilmente confundibles entre ellas, como pueden ser el miedo y la sorpresa. En el caso de nuestros participantes humanos, las emociones más

habitualmente confundidas fueron miedo con sorpresa y miedo con neutral.

Una vez analizado cómo los humanos reconocen las emociones a partir de expresiones faciales estáticas, entrenamos un modelo simple de CNN consiguiendo una precisión global de 0.88, un valor 57% superior a la precisión obtenida con participantes humanos. Pero, aunque este valor se consideraría un buen resultado desde el punto de vista del rendimiento global del modelo, debemos notar que las emociones mejor y peor clasificadas difieren de las emociones mejor y peor clasificadas por los participantes humanos, así como la mayoría de las confusiones entre emociones detectadas. Por lo tanto, podemos concluir que el comportamiento de clasificación mostrado por nuestro modelo CNN es diferente al comportamiento de clasificación mostrado por nuestros participantes humanos.

En concreto, nuestro modelo CNN puede realizar un análisis más detallado de las imágenes y fijarse en características más sutiles a la hora de discernir entre las diferentes expresiones, por lo que puede obtener tasas de reconocimiento superiores a las que hemos detectado entre los participantes humanos y un comportamiento más cercano al comportamiento teórico predicho por Faigin. Por lo tanto, hemos llegado a un modelo cuyo comportamiento puede considerarse más correcto teniendo en cuenta las bases teóricas de reconocimiento de emociones a partir de expresiones faciales, pero es diferente al comportamiento mostrado por nuestros participantes humanos.

Intentando responder a la pregunta inicial de “¿Deberíamos conseguir un clasificador de expresiones faciales infalible o deberíamos conseguir un clasificador de expresiones faciales que fuera indistinguible de un humano, es decir, que fuera capaz de superar el *Test de Turing*?”, queda probado que, en el

caso del reconocimiento de expresiones faciales, el comportamiento de clasificación humano dista mucho del comportamiento de clasificación teórico. Por lo tanto, es difícil conseguir un modelo de clasificación de expresiones faciales que sea “perfecto” desde el punto de vista teórico y, al mismo tiempo, muestre el mismo patrón de reconocimiento que nuestros participantes humanos. La elección entre intentar conseguir el comportamiento teórico o el comportamiento humano dependerá del objetivo al que el modelo sea destinado: ¿queremos crear una inteligencia “perfecta” o queremos crear una inteligencia que imite a la humana? Recordemos que ya en 1995 Russell & Norvig contemplaban ambos enfoques en su definición universal de lo que es la Inteligencia Artificial (Russell & Norvig, 1995).

7. Limitaciones y trabajo futuro

Aunque la discusión acerca de intentar crear clasificadores con un alto grado de precisión y la conveniencia (o no) de analizar su similitud con el comportamiento humano podría aplicarse en todos aquellos campos donde se intente sustituir o replicar el comportamiento humano, este estudio se ha realizado en el caso concreto de expresiones faciales realizadas por avatares sintéticos. Por lo tanto, sería interesante analizar si el mismo comportamiento observado (tanto del modelo como de los participantes humanos) se reproduce en el caso de la clasificación de expresiones faciales realizadas por humanos.

Agradecimientos

Los autores agradecen el proyecto EXPLainable Artificial INtelligence systems for health and well-beING (EXPLAINING) financiado por PID2019-104829RA-I00 / MCIN/ AEI / 10.13039/501100011033. También agradecemos su apoyo a la Universidad de las Islas Baleares y al Departamento de Ciencias Matemáticas e Informática.

Referencias

- Adadi, A., & Berrada, M. (2018). Peeking Inside the Black-Box: A Survey on Explainable Artificial Intelligence (XAI). *IEEE Access*, 6, 52138–52160.
- Bettadapura, V. (2012). Face expression recognition and analysis: the state of the art. *ArXiv Preprint ArXiv:1203.6722*.
- Chirra, V. R. R., Uyyala, S. R., & Kolli, V. K. K. (2021). Virtual facial expression recognition using deep CNN with ensemble learning. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 12(12), 10581–10599.
- Colbois, L., de Freitas Pereira, T., & Marcel, S. (2021). On the use of automatically generated synthetic image datasets for benchmarking face recognition. In *2021 IEEE International Joint Conference on Biometrics (IJCB)* (pp. 1–8).
- Cowie, R., Douglas-Cowie, E., Tsapatsoulis, N., Votsis, G., Kollias, S., Fellenz, W., & Taylor, J. G. (2001). Emotion recognition in human-computer interaction. *IEEE Signal Processing Magazine*, 18(1), 32–80. <https://doi.org/10.1109/79.911197>
- del Aguila, J., González-Gualda, L. M., Játiva, M. A., Fernández-Sotos, P., Fernández-Caballero, A., & García, A. S. (2021). How Interpersonal Distance Between Avatar and Human Influences Facial Affect Recognition in Immersive Virtual Reality. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.675515>
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1978). Facial action coding system. *Environmental Psychology & Nonverbal Behavior*.
- Faigin, G. (2012). *The artist's complete guide to facial expression*. Watson-Guptill.
- Lucey, P., Cohn, J. F., Kanade, T., Saragih, J., Ambadar, Z., & Matthews, I. (2010). The extended cohn-kanade dataset (ck+): A complete dataset for

- action unit and emotion-specified expression. In *2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition-Workshops* (pp. 94–101).
- Lundqvist, D., Flykt, A., & Öhman, A. (1998). Karolinska directed emotional faces. *Cognition and Emotion*.
- Lyons, M. J., Kamachi, M., & Gyoba, J. (1997). Japanese female facial expressions (JAFFE). *Database of Digital Images*, 3.
- Mollahosseini, A., Hasani, B., & Mahoor, M. H. (2017). Affectnet: A database for facial expression, valence, and arousal computing in the wild. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 10(1), 18–31.
- Oliver, M. M., & Amengual Alcover, E. (2020). UIBVFED: Virtual facial expression dataset. *PLOS ONE*, 15(4), 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231266>
- Ramis, S., Buades, J. M., Perales, F. J., & Manresa-Yee, C. (2022). A Novel Approach to Cross dataset studies in Facial Expression Recognition. *Multimedia Tools and Applications*, 1–38.
- Ribeiro, M. T., Singh, S., & Guestrin, C. (2016). “Why Should I Trust You?”: Explaining the Predictions of Any Classifier. *CoRR*, abs/1602.0. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1602.04938>
- Russell, S., & Norvig, P. (1995). *Artificial intelligence: A Modern approach*. Prentice-Hall.
- Skjuve, M., Haugstveit, I. M., Følstad, A., & Brandtzaeg, P. (2019). Help! Is my chatbot falling into the uncanny valley? An empirical study of user experience in human–chatbot interaction. *Human Technology*, 15(1), 30–54. <https://doi.org/https://doi.org/10.17011/ht/um.201902201607>
- Turing, A. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, LIX(236), 433–460. <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>
- Valstar, M., Pantic, M., & others. (2010). Induced disgust, happiness and surprise: an addition to the mmi facial expression database. In *Proc. 3rd Intern. Workshop on EMOTION (satellite of LREC): Corpora for Research on Emotion and Affect* (p. 65).

Clasificación de los tipos de jugadores en la población adulta mayor en sistemas basados en juego

Player types classification in older adult population for game based systems

Johnny Salazar Cardona

Departamento de lenguajes y sistemas informáticos

Universidad de Granada
Granada, Andalucía, España
jasalazar@correo.ugr.es

Francisco Gutiérrez Vela

Departamento de lenguajes y sistemas informáticos

Universidad de Granada
Granada, Andalucía, España
fgutierr@ugr.es

Jeferson Arango López

Departamento de sistemas e informática

Universidad de Caldas
Manizales, Caldas, Colombia
jeferson.arango@ucaldas.edu.co

Patricia Paderewski

Departamento de lenguajes y sistemas informáticos

Universidad de Granada
Granada, Andalucía, España
patricia@ugr.es

Recibido: 03.10.2022 | Aceptado: 29.11.2022

DOI: <https://doi.org/10.65234/interaccion.69>

Palabras Clave

Adultos mayores
Motivaciones
Tipos de jugadores
Sistemas basados en juego
Experiencia de jugador
Juegos digitales

Resumen

Diferente a lo que se podría pensar, la población mayor tiene una alta participación en los sistemas basados en juego, haciendo uso de juegos que estimulan su cognitivdad o su actividad física a través de dispositivos de entrada directa y natural. Aunque principalmente los juegos son orientados a este tipo de estimulaciones y generan una motivación en el adulto mayor, esta no es la única motivación que podría usarse para aumentar el tiempo dedicado a este tipo de experiencias. Actualmente no son aprovechados todas las diferentes motivaciones de esta población debido a que no han sido plenamente identificadas para ser llevados al campo de los sistemas basados en juego. Es por esto que el objetivo de este documento es plantear una caracterización de tipos de jugadores en adultos mayores cuando interactuaran con este tipo de sistemas, basados en diferentes motivaciones que han sido identificadas recientemente. Para lograrlo se aplicó un método de investigación cualitativo que permitió la identificación de estos tipos de jugadores junto a sus motivaciones específicas, ofreciendo una base con la finalidad de poder diseñar experiencias de juego más adecuadas a la población adulta mayor.

Keywords

Older Adults
Motivations
Player types
Game based systems
Player experience
Digital games

Abstract

Contrary to what one might think, the older population has a high participation in game-based systems, making use of games that stimulate their cognitive or physical activity through direct and natural input devices. Although games are mainly oriented to this type of stimulation and generate motivation in the older adult, this is not the only motivation that could be used to increase the time dedicated to this type of experience. Currently, not all the different motivations of this population are taken advantage of because they have not been fully identified to be taken to the field of game-based systems. That is why the objective of this paper is to propose a characterization of types of gamers in older adults when interacting with this type of systems, based on different motivations that have been recently identified. To achieve this, a qualitative research method was applied. This method allowed the identification of these types of players along with their specific motivations, providing a basis for designing more appropriate game experiences for the older adult population.

1. Introducción

Tradicionalmente, los sistemas basados en juego (SBJ) como son: los juegos serios, los sistemas gamificados, los simuladores y los juegos digitales, se encuentran orientados a los jóvenes debido a que son el principal público de este tipo de experiencias. Pero debido a que la población adulta mayor actualmente tiene una mayor participación en este campo, se hace necesario replantear las experiencias ofrecidas, con el fin ajustarse a sus expectativas y motivaciones. Esta población actualmente son el segundo grupo más representativo en el uso de sistemas de juego en conjunto con las personas menores de 18 años (ESA 'Entertainment Software Association,' 2019).

Las experiencias de juego actuales suelen estar orientadas a necesidades, características y motivaciones de una población joven, generando un posible rechazo del adulto mayor al no sentirse a gusto con la experiencia de juego ofrecida (Broady et al., 2010). Es importante considerar que, al no ser una población nativa digital, que haya estado en contacto con juegos de base tecnológica, suponen un reto mayor debido a que en muchas ocasiones deben pasar por procesos de capacitación y aprendizaje con los dispositivos tecnológicos antes de llegar a experimentar una experiencia de juego adecuada.

Cuando un adulto mayor interactúa con un SBJ experimenta un conjunto de experiencias que son abordadas desde el campo de HCI (Interacción Humano Computador), haciendo uso de técnicas y herramientas propias de esta disciplina. En el contexto de los juegos, tradicionalmente se han utilizado técnicas de evaluación de la experiencia del jugador mediante cuestionarios específicos como son "Game Experience Questionnaire" (GEQ) (Ijsselstein et al., 2013), "Player Satisfaction Need Experience" (PENS) (Rigby & Ryan, 2004), "System Usability Scale" (SUS) (Brooke, 1995), entre otros. Estos cuestionarios junto a modelos existentes de tipologías de jugadores como el Hexad (Marczewski, 2015) o la TE Pyramid (Manrique, 2013) también de propósito general, han excluido a la población adulta mayor debido a que no tienen en cuenta sus particularidades y motivaciones, afectando directamente a los análisis de la experiencia de jugador (PX) y de forma indirecta a la calidad de este tipo de sistemas (Salazar Cardona et al., 2021).

Es por esto que, en este trabajo se ha propuesto la caracterización de los diferentes tipos de jugador en la población adulta mayor y su posible incorporación en los procesos de evaluación de la PX de Sistemas Basados en Juego diseñados de forma explícita para este colectivo de usuarios. Para lograrlo, se tomó como base diferentes aspectos motivantes previamente identificados por nosotros, como también diferentes modelos y teorías existentes de tipos de jugadores, sistemas de engagement y caracterizaciones de la diversión para lograr una extensión ajustada a las

particularidades de esta población. Esto, permitirá diseñar experiencias más acordes a los perfiles de esta población.

El documento está organizado de la siguiente manera: En la sección 2 se ofrece una breve descripción de las motivaciones que se han identificado en trabajos anteriores, también se abordan los diferentes modelos de tipos de diversión relevantes actualmente y los modelos de tipos de jugadores existentes pero de propósito general; en la sección 3 se presenta de manera detallada la propuesta sobre los perfiles de los tipos de jugador en la población adulta mayor con base a sus motivaciones; finalmente en la sección 4 se expone la discusión, conclusiones y futuras líneas de trabajo.

2. Antecedentes

Las motivaciones que genera el juego en los diferentes grupos generacionales son muy diversas, variando mucho entre los jóvenes y los adultos mayores. Esto es sustentado desde la teoría de la selectividad socioemocional [8] que explica los cambios en las orientaciones y metas sociales de las personas durante su vida, aplicado a la identificación de motivaciones de los adultos mayores en el juego. Los adultos mayores perciben el tiempo futuro como algo limitado, priorizando así los objetivos emocionales, evitando las experiencias con efectos aversivos presentados en los juegos, como puede ser la presión del tiempo para completar desafíos o la frustración de no lograr retos debido a su alta complejidad, provocando además una sensación de estrés. En cambio, los jóvenes perciben el tiempo como algo ilimitado, priorizan la adquisición de conocimiento y no les importa las experiencias aversivas con limitaciones de duración y alta dificultad, al contrario estas características de los juegos los impulsa y motiva a jugar (Carstensen, 1995; Possler et al., 2017).

Aunque las motivaciones de los adultos mayores son variadas, existen algunos aspectos particulares que son frecuentes en esta población, permitiendo realizar una caracterización de estos para su mayor comprensión. En general es conocido que las motivaciones pueden ser de tipo intrínseco y extrínseco. La motivación intrínseca nace desde la propia persona, motivándola a realizar diferentes actividades sin necesidad de recibir estímulos externos como podría ser una recompensa. Ese tipo de motivación se enfoca en satisfacer deseos no materiales, como la autorrealización, la diversión y el disfrute en la ejecución de tareas solo por realizarlas. Por su parte, la motivación extrínseca se genera a través de los estímulos que vienen de fuera del individuo, como recompensas e incentivos para la realización de tareas y actividades sin importar que estas sean realmente de su agrado (Sansone & Harackiewicz, 2000).

En el caso de los adultos mayores, se puede decir que, en general, son más relevantes las motivaciones intrínsecas, manifestándose en motivadores como son el estatus, el

reconocimiento o en la mejora de la salud tanto física como cognitiva debido a la ejecución de ciertos tipos de juegos enfocados para tal fin (Devereux-Fitzgerald et al., 2016). Una investigación relevante previa que presenta una propuesta formal de clasificación de los adultos mayores en los juegos digitales es la establecida por Schutter & Malliet, la cual propone 5 tipos de jugadores en la población adulta mayor basados en sus necesidades y satisfacciones (De Schutter & Malliet, 2014). La principal diferencia de la propuesta que presentamos en este trabajo es que se encuentra orientada a una clasificación con base a aspectos motivantes que pueden generar estados de diversión en la población adulta mayor, así como las motivaciones intrínsecas y extrínsecas del ser humano.

Tanto las motivaciones intrínsecas como las extrínsecas han sido utilizadas por otros autores para la generación de tipologías de jugadores con un enfoque general sin distinciones en grupos generacionales, apoyados a su vez de diferentes tipos de diversión y enfocados a la exploración de diferentes clases de experiencias.

2.1 Tipos de diversión

Para profundizar en las tipologías actualmente definidas de jugadores se debe comprender que existen diferentes tipos de diversión, debido a que cada perfil de jugador encuentra la diversión en algunas características y particularidades que, aunque no se deben cumplir al detalle, debido a que es algo subjetivo, dan una base sobre los posibles elementos a tener en cuenta para satisfacer las necesidades en una experiencia ofrecida por un SBJ.

Una de las caracterizaciones más importante de diversión es la presentada por Lazzaro y que está compuesta por 4 tipos de diversión: Hard fun, Easy fun, Serious Fun y People fun (Lazzaro, 2004). Los jugadores buscan una o varias de las características que enmarca cada categoría de diversión, pero con ciertas preferencias centradas según su tipo.

2.1.1 Hard Fun

El “Hard fun” es la diversión que se obtiene por la superación de obstáculos y mediante una experiencia orientada al cumplimiento de metas. Este se caracteriza por la generación de frustración y una gran emoción en el triunfo personal al lograr superar los desafíos a través de estrategias. Las personas que se divierten de esta manera, buscan demostrar lo buenos que son, a través de la superación de retos, comparación en tableros de puntuación y la superación a otros jugadores. Ejemplos de Juegos comerciales que representan este enfoque de diversión son el “Gran Turismo Sport”²⁶ o “Fall Guys”²⁷ (ver Figura 1), el cual tiene como finalidad superar a los demás rivales para llegar en primer lugar. Otro juego que puede

tomarse como referencia es la saga “Crash Bandicoot”²⁸, la cual ofrece retos de completitud al encontrar todos los elementos ocultos y superar en tablas de clasificación contra reloj a los demás jugadores.



Figura 1: Juego Fall Guys (Epic-Games, 2020)

2.1.2 Easy Fun

Este enfoque de diversión se orienta en el placer de experimentar experiencias de juego destacando la captación de la atención del jugador por encima de la victoria. Este enfoque de diversión, genera un sentido de curiosidad y sorpresa en el jugador, siendo logrado por ejemplo a través de la exploración, la aventura, la creatividad y el conocimiento total de elementos del juego como son la historia y el mundo virtual ofrecido. Los jugadores que encuentran placer en este enfoque de diversión, al identificarse con el personaje y sentir que son uno solo o generar un fuerte lazo de empatía con él, permiten generar una mayor inmersión en la experiencia de juego y motivación en la realización de actividades. Ejemplos de juego comercial que ofrecen este enfoque de diversión son “No Man’s Sky”²⁹ el cual permite viajar en el espacio exterior abiertamente y explorar con libertad planetas desconocidos o el juego de “The Legend of Zelda: Breath of the wild”³⁰ (ver Figura 2), el cual genera una fuerte empatía con el personaje llevando al jugador a ayudarlo a cumplir con su misión.



Figura 2: Juego The Legend of Zelda: Breath of the wild.
(Nintendo, 2017)

2.1.3 Serious Fun

Diversión que se enfoca en los sentimientos de bienestar que ofrece la participación en las experiencias de juego y que como ejemplo se suelen usar en procesos de terapia o rehabilitación.

²⁶ Juego propiedad de la empresa Polyphony Digital

²⁷ Juego propiedad de la empresa Epic Games

²⁸ Juego propiedad de la empresa Naughty Dog

²⁹ Juego propiedad de la empresa Hello Games

³⁰ Juego propiedad de la empresa Nintendo

Estos generan cambios emocionales durante y después del juego, produciendo sensaciones como la emoción, relajación y alivio pasando de un estado mental a otro, evitando el aburrimiento, distrayendo al jugador, y aumentado en general la motivación frente a los procesos de terapia o rehabilitación. Los estados anteriormente descritos son alcanzados por acciones repetitivas, a un ritmo determinado por el usuario, dando paso a una mayor experimentación y recompensa con un significado importante para el jugador (ver Figura 3).



Figura 3: Juego Wii Sports Games (Nintendo, 2006)

2.1.4 People Fun

Es la diversión obtenida a través de las experiencias sociales ofrecidas al jugar con otros jugadores, interactuando con ellos, compartiendo con amigos, generando rivalidad, cooperación y reconocimiento. Esto también puede ser logrado de forma indirecta, a través de la observación de como otras personas participan del juego, aunque el observador no tenga una participación directa (Razak et al., 2017; Syed-Abdul et al., 2019). Aquí no solo se encuentran incluidos las experiencias multijugador, sino interacciones sociales a través de chat y foros en línea. Algunos juegos que ofrecen este tipo de experiencia son “Pokemon Unite”³¹, juegos de deporte como “FIFA”³² y “NBA 2K”³³ a nivel cooperativo, colaborativo y competitivo (ver Figura 4).



Figura 4: Juego NBA 2K21 (Epic-Games, 2021)

2.2 Modelos existentes de tipos de jugador

Tradicionalmente, se ha utilizado la definición de los tipos de jugadores establecidos por Bartle en 1996 (Bartle, 1996) para tener una caracterización base de jugadores sin importar su edad o su género, enfocándose en sus actuaciones e interacciones con el mundo del juego o con otros jugadores. Este modelo se caracteriza por definir cuatro tipos de jugadores principales: Los asesinos o “killers”, los triunfadores o “achievers”, los socializadores o “socializers” y los exploradores o “explorers”. Pero, este tipo de modelo ha necesitado ser actualizado, con el paso de los años, para ajustarse a los nuevos contextos y realidades. Luego Fullerton en el 2014 genero una nueva propuesta con 9 tipos de jugadores: Competidor o “competitor”, explorador o “explorer”, recolector o “collector”, triunfador o “achiever”, bromista o “joker”, artista o “artist”, narrador o “storyteller”, interprete o “performer” y director (Fullerton, 2014).

Siguiendo la línea de las propuestas anteriores, existen muchas más aproximaciones con el objetivo de categorizar todos los posibles tipos de jugadores existentes, pero hasta la fecha, las propuestas que han llegado a un mayor detalle y comprensión han sido las propuestas planteadas por Marczewski (Marczewski, 2015) con una versión final publicada en el 2016 llamada “Modelo Hexad” (Tondello et al., 2016) y la propuesta establecida por Manrique V. llamada “The Time - Engagement Pyramid (T-E)” como una extensión basada en las primeras versiones del Modelo Hexad (Manrique, 2013).

2.2.1 Modelo Hexad

La propuesta establecida por Marczewski logra detallar las características de los tipos de jugadores a través de su relación con el modelo de motivación RAMP (Model of Intrinsic Motivation) (Calvert, 2018; Marczewski, 2013) que a su vez se basa en el modelo de la teoría de la autodeterminación o Self Determination theory (SDT) (Ryan & Deci, 2000) y lo establecido en el libro Drive de Daniel Pink (Pink, 2009). Esta propuesta define 12 diferentes tipos de jugador con ramificaciones y subcategorías, también conocido como el dodecágono de los tipos de usuarios de un sistema basado en juego o el Hexad en su versión resumida. En este modelo cada uno de estos elementos se encuentran seccionados por motivaciones extrínsecas relacionados con el jugador que busca las recompensas en el juego, usuarios con motivaciones intrínsecas que participan solo por el placer que obtienen en el proceso y los disruptores que buscan un cambio positivo o negativo en el sistema.

Cabe destacar que, en cualquiera de los modelos propuestos, una persona no puede ser encasillada únicamente a una tipología específica, es muy probable que muestre rasgos de muchos o todos los tipos de jugador en diversos grados según el contexto, el tipo de juego y los elementos diseñados para ofrecer una diversión al jugador. También se aclara que a los

³¹ Juego propiedad de la empresa

³² Juego propiedad de TiMi Studios y The Pokémon Company

³³ Juego propiedad de la empresa 2K Sports

participantes del sistema basado en juego con motivaciones extrínsecas se les denomina Jugadores o Players, debido a que juegan solo por las recompensas que obtienen. Cuando esto evoluciona y las motivaciones se convierten en intrínsecas ya no son solo Jugadores, sino que se convierten en usuarios de un sistema basado en juego, debido a que su motivación va más allá de la diversión, logrando ser motivaciones personales profundas y con significado, aunque esto no lleva a que dichos usuarios dejen de ser jugadores en el sistema.

2.2.2 Modelo Time – Engagement

Por su parte, el modelo propuesto por Manrique nace como una extensión del modelo Hexad incorporando al modelo el “Quick Fun” o “Diversión rápida”, destinado a abordar el grupo de jugadores que juegan por un corto tiempo para sentir emociones positivas y placer, pero que no buscan algo más allá de esto (Manrique, 2013). Para lograrlo, utilizó el modelo de la felicidad PERMA definido por Seligman M. (Seligman, 2018) y lo integro al SDT, definiendo así una serie de 3 niveles de motivación y no 4 como el modelo anterior, debido a que la “Autonomía” la define como un elemento transversal que potencia las otras motivaciones. Otro cambio relevante es la aparición de solo 7 tipos de jugadores, e integra el Engagement y el tiempo dedicado al juego, también como elementos transversales del modelo.

El primer nivel (diversión rápida) está orientado a un nuevo tipo de jugador llamado “Enjoyers”, los cuales buscan emociones positivas en tiempos cortos. El segundo nivel (motivaciones extrínsecas) y el tercer nivel (motivaciones intrínsecas) son similares a lo tomado del modelo Hexad, renombrando los tipos de jugadores “Consumer” por “Farmer” para las motivaciones extrínsecas y “Philanthropists” por “Goal-Seeker” para las motivaciones intrínsecas. Otro aspecto a destacar de este modelo es la definición de las mecánicas, estéticas e historia en la cual se centra cada tipo de jugador, siendo esto un elemento importante en la búsqueda de una caracterización mucho más completa de los tipos de jugadores.

2.3 Modelo de motivación RAMP

Aunque la propuesta de la tipología de jugadores de la población adulta mayor toma de base los diferentes aspectos motivantes previamente identificados para la definición de los perfiles de tipos de jugadores en la población adulta mayor, su agrupación se ha basado en el modelo de motivación RAMP utilizado en el modelo HEXAD de jugadores. Este modelo, establece que existen 4 impulsores principales de motivación intrínseca clave los cuales son el relacionarse, la autonomía, el dominio y el propósito.

Relacionarse: Se refiere al impulso humano básico de conectar con los demás, ya que se depende de las conexiones sociales saludables para sobrevivir. Además, estas conexiones, cuando

son saludables, generan un estado de respeto (estatus social), pertenencia y bienestar en el individuo.

Autonomía: El ser humano valora la capacidad de influir en su propia dirección, ya que la falta de libertad o de voz produce estrés y agobio. La autonomía permite la generación de innovación y creatividad, brindando un control propio en la persona y fomenta la responsabilidad.

Dominio: Es la necesidad básica por dominar y ser digno de admiración. Esto, impulsa el crecimiento en la vida del ser humano, generando progreso en diferentes ámbitos, desarrollo personal y sensación de logro.

Propósito: El ser humano tienen una necesidad innata de conocer el “por qué” de las cosas. Así mismo, comprender el motivo por el cual se realizan las acciones da objetivos claros, dando importancia a estas y un medio para medir los resultados. El propósito no solo es para beneficio propio, sino también se orienta al bienestar de los demás de una forma altruista.

3. Propuesta de tipologías de jugadores en adultos mayores

Los adultos mayores poseen sus propias características a nivel cognitivo, físico y también respecto a las motivaciones que los impulsan a jugar y disfrutar de las experiencias ofrecidas por los SBJ (Cota et al., 2015). En investigaciones anteriores basados en procesos de revisión sistemática se identificaron dichas motivaciones para generar experiencias positivas y divertidas (J. A. Salazar et al., 2022).

Si bien, en general, las experiencias de juego se relacionan con contextos de diversión, esto no necesariamente tiene que ser así, depende del juego presentado y de su finalidad. Además, los SBJ que ofrecen algún tipo de beneficio al jugador no tienen como finalidad principal la diversión, siendo esta característica relegada a un segundo plano. Con esto en mente, se establece que la motivación para jugar y la diversión son conceptos diferentes que pueden encontrarse juntos (Kari, 2020), pero esto no siempre sucede debido a que se puede tener la motivación para realizar una actividad por la recompensa o el beneficio que pueda generar, aunque dicha actividad no tenga un grado de diversión alto.

Los adultos mayores tienen gran número de motivaciones debido a que son un grupo heterogéneo (IJsselstein et al., 2007; Santos et al., 2019; Sayago et al., 2016) siendo algunas de estas: el mantenerse ocupado, la adquisición de conocimientos, la participación o la obtención de algún beneficio (Birk et al., 2017; Ryan & Deci, 2000; Seah et al., 2018; Subramanian et al., 2020), entre otros. Para obtener un futuro modelo que incorpore cuáles son los aspectos que motivan a los adultos mayores, se ha realizado un proceso

previo de análisis de trabajos científicos donde se aplicaron experiencias de juego en adultos mayores (J. A. Salazar et al., 2022). Dicha revisión sistemática se basó en la metodología establecida por Kitchenham y Charters (Kitchenham & Charters, 2007), que define una serie de pasos o fases para la aplicación de revisiones sistemáticas en el campo del software. Para elegir los diferentes trabajos que serían considerados, se definió una cadena de búsqueda utilizando operadores lógicos y palabras relevantes para filtrar eficazmente los resultados a obtener. Siguiendo la metodología guía, se definieron una serie de criterios de inclusión y exclusión para reducir el número total de artículos a tratar, para la definición de lo que aquí se propone (ver Figura 5).

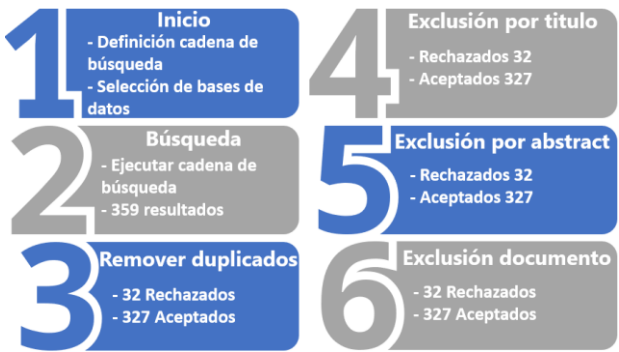


Figura 5 Proceso de revisión sistemática de la literatura

A partir de los hallazgos de dicha revisión sistemática fue aplicado la metodología definida por Quiñonez et al (Quiñones et al., 2018), en el cual establecen de manera detallada como realizar un proceso formal de definición de heurísticas con su respectiva validación. Todos los hallazgos de la revisión fueron tratados conforme a la metodología, dando como resultado un total de 12 aspectos que ayudan a motivar a los adultos mayores (ver Figura 6), siendo representadas en 15 heurísticas y que detallan los elementos que deben incorporarse en el diseño de un SBJ (J. Salazar et al., 2022).

Bienestar	Actividad intergeneracional	Participación
Salud	Adaptación y personalización	Significado
Reconocimiento	Interacción	Aprendizaje
Afinidad con intereses	Familiaridad tecnológica	Sentido

Figura 6: Aspectos motivantes en adultos mayores.

4. Resultados

Se ha establecido una caracterización de tipologías de jugadores específicamente para adultos mayores. Esta logró a

partir de la aplicación de una metodología cualitativa, cruzando y analizando los aspectos motivantes anteriormente identificados (J. Salazar et al., 2022) con los modelos existentes de tipos de jugador, tipos de diversión y el modelo de motivación RAMP. Esto permitió tener una visión holística logrando identificar qué ajustes eran necesarios realizar, qué tipologías debían eliminarse o reestructurarse y centrar cada motivación según los intereses específicos de esta población.

En el proceso de esta caracterización, se identificó que dichos aspectos motivantes se relacionan directamente con las motivaciones humanas establecidas en el modelo RAMP (Calvert, 2018; Marczewski, 2013) y con los tipos de diversión base de forma equilibrada. La autonomía, la maestría (la cuál pasará a ser llamada Logro debido a que no buscan el dominio en específico), las relaciones y el propósito se reflejan en los adultos mayores, pero con un enfoque muy diferente al presentado para los jugadores en general. Es de aclarar, que la forma en que los aspectos motivantes de los adultos mayores respecto a las motivaciones humanas establecidas por el modelo RAMP se dan de la siguiente manera:

- la motivación y la necesidad humana por relacionarse, se ve reflejado en aspectos motivantes del adulto mayor como la participación, la necesidad de reconocimiento y de interactuar con familiares cercanos, hijos y nietos, obteniendo una experiencia de tipo intergeneracional.
- A nivel de autonomía los procesos de interacción, la adaptación, personalización y el uso del juego llevan a que el adulto mayor logre experimentar plenamente dicha independencia en sus acciones en los SBJ.
- En relación con el logro, puede ser alcanzado a través de la competición, el flujo del juego y la afinidad con sus gustos o intereses.
- Finalmente, el propósito es presentado al adulto mayor a través de la narrativa que da sentido, utilidad o beneficio obtenido a través de las acciones, otorgando significado y familiaridad.

Cada motivación puede tener un origen intrínseco y extrínseco, y a diferencia del modelo Hexad los adultos mayores no actúan sobre el sistema ni sobre los otros jugadores, solo tienen un proceso de interacción con estos. Además, el concepto de “Disruptivo” no se aplica para esta población, ya que el “cambio” no es un factor motivante para ellos, ni buscan afectar negativamente el sistema o a los demás usuarios. Otro aspecto a resaltar, es que el concepto de “recompensas virtuales” obtenidos para su uso interno en el juego como monedas, experiencia o similares no se aplica mucho para esta población (con excepciones), pero sí que suelen buscar “beneficios” orientados a su salud o al bienestar en general

(Gerling et al., 2015). A partir de las conclusiones anteriores, se definieron los siguientes 8 tipos de jugador para el ámbito de los adultos mayores, segmentados en 4 motivadores principales los cuales son el significado, la autonomía, las relaciones y la sensación de logro (ver Figura 7).



Figura 7: Caracterización de tipos de jugadores en adultos mayores

En los apartados siguientes se introducen cada uno de los motivadores principales y en cada uno de ellos, los tipos de jugadores característicos de ese tipo de motivación.

4.1 Motivación de logro

La motivación del logro en los adultos mayores se da por la necesidad de triunfar en algún campo en particular demostrándose a sí mismo y a los demás (Razak et al., 2017). Esto es alcanzado con el cumplimiento de metas en un determinado entorno, experimentando una sensación de logro y victoria al superar los diferentes obstáculos presentados.

Aunque les gusta sentir este tipo de sensaciones, no es de su agrado el hacer sentir mal a los demás, es por esto que las tablas de clasificación y visualización pública de resultados no les llama la atención (Seaborn & Fels, 2015). Esta motivación de logro puede ser alcanzada a nivel intrínseco o extrínseco, cada uno con unas particularidades específicas y generando tipos de jugadores diferentes:

Autoexigente (Motivación intrínseca): Este tipo de jugador es motivado intrínsecamente a partir del deseo de competir consigo mismo demostrándose que puede mejorar aún más con acciones previamente realizadas. En este caso particular las puntuaciones para seguimiento sí son interesantes, pero solo como un registro personal sin que estos sean visualizados públicamente. Solo si el juego tiene afinidad con los gustos personales del adulto mayor este buscará una completitud de logros, insignias y el cumplimiento de objetivos. Este tipo de jugador se interesará por la evolución en su rendimiento, siendo esto logrado a partir de acciones repetitivas, con un control sobre la dificultad experimentada con el fin de alcanzar sentimientos de logro, victoria y superación personal lo cual es más importante que la propia experiencia de juego.

Competidor (Motivación extrínseca): Este tipo de jugador es motivado extrínsecamente a partir del estatus obtenido al competir con otros jugadores y ganar. Esto se da en casos muy particulares con personas muy allegadas como la pareja, familiares o amigos y con temáticas con las cuales encuentren gran afinidad, y habitualmente en espacios divertidos y de esparcimiento. Cabe destacar que este comportamiento se encuentra más marcado en el género masculino que en el femenino, pero esto no siempre se cumple. Para este tipo de jugador, la experiencia, aunque relevante, no es lo más importante ya que se centra en la victoria sobre el otro jugador.

4.2 Motivación de relacionarse

Los adultos mayores pueden sentirse motivados por la necesidad de relacionarse, interactuando con otras personas y compartiendo con ellas (De Schutter & Vanden Abeele, 2010). Para esto prefieren la presencialidad sobre los juegos online, debido a que no quieren adquirir obligaciones adicionales como el tiempo de conexión o el esperar a los demás jugadores a que realicen las acciones correspondientes a su turno.

Para este tipo de experiencias predomina la cooperación y colaboración como medio de socialización, trabajando en conjunto con otros con el fin de alcanzar objetivos, pero esto no excluye por completo la competencia sin importar la victoria (Peng & Hsieh, 2012). Adicionalmente, los adultos mayores prefieren juegos en una misma pantalla compartida con su contraparte, experimentando el mismo campo de visión y evitando así la confusión. Esta necesidad de interacción social puede ser dado a nivel intrínseco y extrínseco, cada uno con unas particularidades específicas.

Socializador (Motivación Intrínseca): Este tipo de jugador es motivado intrínsecamente a partir del deseo de relacionarse con familiares como hijos, nietos, o con amigos cercanos, buscando la aceptación y la compañía. Estos ven el juego como un medio facilitador para lograr este acercamiento y poder socializar con ellos, valorando los procesos de comunicación y diversión, obteniendo un sentimiento propio de bienestar, además de la generación de empatía, afecto positivo y participación. Cuando el socializador participa en un entorno intergeneracional, como por ejemplo con sus nietos, busca que se le trate como un igual donde no exista el ageismo o busca que se tenga un entorno donde se fomente la eliminación de estas barreras.

Influenciable (Motivación extrínseca): Este tipo de jugador es motivado extrínsecamente a partir de la influencia social o por el disfrute percibido de otras personas, buscando escapar de la soledad y el aburrimiento. Aquí los jugadores interactúan con personas con pasatiempos similares, buscando actividades sociales adicionales o simples mecanismos de comunicación, intercambiando experiencias frente a un mismo desafío en

conjunto o competencia sin interesarles verdaderamente la victoria, generando empatía, afecto positivo y participación.

4.3 Motivación de propósito

El propósito en los adultos mayores es uno de los motivadores más importantes, debido a que da un sentido y relevancia al uso de un SBJ. Si este no solo tiene un propósito de entretenimiento, sino que por ejemplo ve un beneficio en su vida diaria como la salud o la adquisición de conocimientos útiles, se dará un valor agregado a la experiencia obtenida (Brown, 2017).

Este propósito no solo se da en beneficio propio a través de las recompensas externas como enfoque extrínseco, sino también a nivel intrínseco en la empatía que se siente con un ser externo y el deseo interno de ayudarlo (Lankes et al., 2017). Este no debe ser confundido con el “significado épico” ya que este último se refiere a la motivación de sentir que se trabaja para lograr algo grandioso, algo mucho más grande que el mismo jugador. Esto no quiere decir que el adulto mayor no experimente este tipo de motivación, pero es menos frecuente.

Altruista (Motivación intrínseca): Este tipo de jugador es motivado intrínsecamente a partir del deseo de ayudar a los demás a través de los juegos y conectarse con las personas, contribuyendo de alguna manera a su bienestar con su sabiduría, conocimientos y experiencias de vida, mejorando la experiencia al compartir con los demás. Este tipo de ayuda también puede darse con elementos virtuales como una mascota o una planta virtual, donde se requiera la ayuda del adulto mayor para el buen estado de los elementos virtuales y logrando una empatía con dichos elementos. Para este tipo de jugador altruista la narrativa y la temática son elementos fundamentales que afianzan sus motivaciones personales, ya que este es un mecanismo que da un significado e importancia a la ayuda que brindará.

Aunque este tipo de jugador se podría comparar con el tipo “filántropo” definido por Marczewski A. [7], este realmente no tiene sentido en este contexto, debido a que abarca el compromiso y el fomento a todo lo humano en general, lo que implica saber dar (A quién y por qué), mientras que el “altruismo” se enfoca a la preocupación o atención desinteresada por los demás sin una necesidad tan profunda del (A quién y por qué) siendo esta segunda versión, más acorde al contexto del adulto mayor.

Buscador de beneficios (Motivación extrínseca): Este tipo de jugador es motivado extrínsecamente a partir de la utilidad o el beneficio que evidencia al participar en las experiencias de juego, es decir el significado que observa durante la experiencia. El adulto mayor que se identifica con este tipo de jugador normalmente encuentra el significado en procesos de aprendizaje con conocimientos prácticos y transferibles a su

vida diaria, como la obtención de bienestar emocional en la liberación del estrés, el agotamiento diario o el mejoramiento o conservación de la salud desde un enfoque cognitivo y físico, buscando además un proceso de autocuidado. Este tipo de jugadores deben ser persuadidos mostrándoles de una forma clara los beneficios que obtendrán al usar el SBJ, generando un proceso de compromiso para generar un enganche con el juego a través de actividades repetitivas con un ritmo ajustado, con procesos de realimentación y de ser posible en compañía para generar una motivación adicional.

4.4 Motivación de autonomía

La motivación de la autonomía en los adultos mayores se da por la necesidad de ser independientes en el que hacer de actividades, y para lograrlo, pueden requerir de una realimentación, apoyo y guías para alcanzar dicha independencia. Además, la autonomía también es buscada debido a la necesidad del adulto mayor por sentirse útil en una situación en la que debido a diferentes factores socio culturales, puede verse aislado, en su entorno familiar y social (Shao & Lee, 2020).

Otro aspecto relevante es la necesidad de reconocimiento del adulto mayor en el proceso de logro de dicha autonomía e independencia, siendo esto un elemento que afianza la permanencia de las experiencias en un SBJ convirtiéndose en usuarios independientes en el uso y dominio de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación), explorando y describiendo por sí mismos lo que la tecnología puede ofrecer a través de la confianza que esto genera. Al igual que los otros tipos de jugador, la autonomía puede ser dada a nivel intrínseco y extrínseco, cada uno con unas particularidades específicas.

Útil (Motivación intrínseca): Este tipo de jugador es motivado intrínsecamente a partir de la necesidad de sentirse útil ya sea aprendiendo cosas nuevas por curiosidad o aplicando sus habilidades actuales. A estos tipos de jugadores les gusta experimentar experiencias que los hagan sentirse orgullosos de sí mismos, superando retos como los procesos de interacción y dominio tecnológico hasta los retos del SBJ, en entornos donde se evite la confusión y la frustración anticipada. Este tipo de jugador valora el contexto narrativo que le dé un significado de utilidad a las acciones realizadas, dando importancia a sus acciones, con una historia empática, coherente e interesante que no fomente la depresión y el pesimismo, con un personaje que le genere empatía y lo haga sentirse útil. Para lograr todo lo anterior, buscan conocer el proceso lo más completo posible para ejecutarlo y lograr experimentar el sentimiento de utilidad.

Buscador de reconocimiento (Motivación extrínseca): Este tipo de jugador es motivado extrínsecamente a partir del reconocimiento que puede obtener. Este no debe ser

confundido con el reconocimiento otorgado a nivel social relacionado con el estatus, sino que está enfocado con la ejecución de acciones que son realizadas por el adulto mayor y que son reconocidas y alentadas por un ente externo como puede ser una persona o el mismo SBJ. Este último puede ofrecerle este sentimiento de reconocimiento a través de diferentes mensajes que alienten al jugador a seguir, ya que se reconocen de forma positiva y alentadora las acciones que se están realizando en el juego. Este tipo de jugador no le interesa en absoluto la victoria inmediata, solo vivir la experiencia y recibir el reconocimiento buscado durante el proceso.

5. Discusión

Con el fin de generar un SBJ que divierta a los adultos mayores, se debe considerar abordar todas las necesidades de esta población. Para esto, se pueden abordar las 4 motivaciones intrínsecas básicas de la población adulta mayor, a través de la posibilidad de la interacción social en el juego, ofrecerle medios para ayudar a los demás permitiendo así que se sienta útil, y se le debe ofrecer medios por los cuales el adulto mayor se supere a sí mismo. Luego, se pueden integrar elementos de recompensa para satisfacer las motivaciones extrínsecas, como la obtención de beneficios, el disfrute, el reconocimiento y la sensación de victoria en competencia.

Se debe tener claro que la clasificación de jugadores no es un elemento que limite o encasille a cada adulto mayor, es solo un medio para comprender las motivaciones de los adultos mayores y poder así generar experiencias de juego agradables. Además, según el tipo de juego una persona puede orientarse a un tipo de jugador u otro, o compartir de manera simultánea varias características de estas tipologías. Un ejemplo de esto es que algunos juegos tienen el propósito de destruirlo todo como en “Gears of War”³⁴ (Epic-Games, 2006) mientras que en otros se debe explorar y crear cosas como en “Minecraft”³⁵ (Mojang-Studios, 2021). Este tipo de enfoques hace que el tipo dominante de un determinado jugador cambie según su contexto.

Otro factor que hace que cambie el tipo de jugador, a tener en cuenta, es la experiencia, ya que las motivaciones que hacen que una persona interactúe inicialmente con un SBJ cambian durante la experiencia, pasando entre motivaciones de un mismo tipo, de un estado extrínseco a uno intrínseco o viceversa. Para esto se puede tomar por ejemplo el juego “Horizon Zero Down”³⁶ (Guerrilla-Games, 2017), el cual puede tener como motivación inicial la exploración de sus vastos paisajes, con elementos dinámicos como el clima y las diversos animales salvajes. Luego con el tiempo, la persona pueda interesarse en mejorar sus habilidades de batalla combatiendo con las diferentes máquinas enemigas, buscando

la completitud en los logros y mejorar su sistema de batalla. Estos cambios de motivación se encuentran estrechamente relacionados con los tipos de diversión y se puede hacer uso de estos para mejorar aún más las experiencias de juego, donde se podría hacer uso de la “Hard fun” antes y después de una determinada victoria, y luego se puede experimentar “Serious fun” haciendo que la sensación de victoria sea más significativa y duradera.

6. Conclusiones y trabajo futuro

Actualmente, el diseño y construcción de los SBJ están orientados a un público joven, cuyos elementos de diseño no se ajustan a las necesidades y particularidades de los adultos mayores, ni a sus motivaciones. Esta investigación ofrece avances en la caracterización de los tipos de jugadores adultos mayores basados en sus motivaciones, ofreciendo una tipología base con diferentes aspectos motivacionales intrínsecos y extrínsecos que deben ser tomados en cuenta para lograr un mayor uso y eficacia de los juegos digitales por parte de esta población. Uno de los objetivos importante por el que nos hemos planteado este trabajo es fomentar el envejecimiento activo en los adultos mayores, logrando beneficios a nivel físico, cognitivo y social, mediante el diseño y construcción de mejores sistemas basados en juego.

Diferentes modelos existentes como el modelo Hexad, la TE Pyramid, los tipos de diversión y el modelo de motivación RAMP, fueron una base importante desde la cual se lograron caracterizar los diferentes tipos de jugador, a través de resultados previos obtenidos de la identificación de motivaciones en la población adulta mayor. La sinergia que se logró con los resultados previos y estos modelos existentes dan una base sólida para considerar la caracterización realizada de los diferentes tipos de jugadores.

Como trabajo futuro se establece la necesidad de validación formal de la tipología de jugadores planteada, a través de pruebas con adultos mayores haciendo uso de evaluación y correlación de la experiencia de los jugadores o PX (Player eXperience) con la calidad, eficiencia y satisfacción obtenida con los SBJ. Además, se hace necesario establecer un modelo más completo que considere no solo los diferentes tipos de jugador, sino una escala que integre generalidades transversales que se deben considerar para generar un engagement y tiempo de dedicación en los SBJ, tanto a un nivel básico para las personas que no son jugadores como para personas con mayor trayectoria, en los cuales se busquen consolidar su interacción con los juegos digitales. Además, se deben generar recomendaciones o guías de diseño para la generación de SBJ con el fin de ajustarse a la mayor cantidad de perfiles de jugadores de esta población, proponiendo mecánicas, dinámicas y elementos de juego que deben incorporarse según el tipo de jugador, como también que elementos deben evitarse para no desmotivar al jugador.

³⁴ Juego propiedad de la empresa Epic Games y The Coalition

³⁵ Juego propiedad de la empresa Mojang Studios

³⁶ Juego propiedad de la empresa Guerrilla Games

Agradecimientos

Este trabajo ha sido apoyado por el proyecto PERGAMEX ACTIVE, Ref. RTI2018-096986-B-C32, financiado por el

Ministerio de Ciencia e Innovación (MCI/AEI/FEDER, UE). Finalmente, queremos agradecer a MINCIENCIAS del gobierno de Colombia por facilitar los recursos necesarios para la realización de esta investigación.

Referencias

- Bartle, R. (1996). HEARTS, CLUBS, DIAMONDS, SPADES: PLAYERS WHO SUIT MUDS.
- Birk, M. V., Friehs, M. A., & Mandryk, R. L. (2017). Age-based preferences and player experience: A crowdsourced cross-sectional study. CHI PLAY 2017 - Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play, November, 157–170. <https://doi.org/10.1145/3116595.3116608>
- Broadly, T., Chan, A., & Caputi, P. (2010). Comparison of older and younger adults' attitudes towards and abilities with computers: Implications for training and learning. *British Journal of Educational Technology*, 41(3), 473–485. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2008.00914.x>
- Brooke, J. (1995). SUS: A “Quick and Dirty” Usability Scale. In *Usability Evaluation In Industry* (pp. 207–212). <https://doi.org/10.1201/9781498710411-35>
- Brown, J. A. (2017). Digital gaming perceptions among older adult non-gamers. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10298, 217–227. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58536-9_18
- Calvert, J. (2018). Office of Financial Management, State Human Resources developed.: RAMP model. Office of Financial Management, State Human Resources developed. [https://www.ofm.wa.gov/sites/default/files/public/shr/RAMP Handout.pdf](https://www.ofm.wa.gov/sites/default/files/public/shr/RAMP%20Handout.pdf)
- Carstensen, L. L. (1995). Evidence for a Life-Span Theory of Socioemotional Selectivity. *Current Directions in Psychological Science*, 4(5), 151–162. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.ep11512261>
- Cota, T. T., Ishitani, L., & Vieira, N. (2015). Mobile game design for the elderly: A study with focus on the motivation to play. *Computers in Human Behavior*, 51(PA), 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.04.026>
- De Schutter, B., & Malliet, S. (2014). The older player of digital games: A classification based on perceived need satisfaction. *Communications*, 39(1), 67–88. <https://doi.org/10.1515/commun-2014-0005>
- De Schutter, B., & Vanden Abeele, V. (2010). Designing meaningful play within the psycho-social context of older adults. *ACM International Conference Proceeding Series*, December, 84–93. <https://doi.org/10.1145/1823818.1823827>
- Devereux-Fitzgerald, A., Powell, R., Dewhurst, A., & French, D. P. (2016). The acceptability of physical activity interventions to older adults: A systematic review and meta-synthesis. *Social Science and Medicine*, 158, 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2016.04.006>
- Epic-Games. (2006). *Gears of War*. Microsoft. <https://gearsofwar.com/es-es/>
- Epic-Games. (2020). *Fall Guys*. <https://store.epicgames.com/es-ES/p/fall-guys>
- Epic-Games. (2021). *NBA 2K21*. <https://store.epicgames.com/es-ES/p/nba-2k21>
- ESA ‘Entertainment Software Association.’ (2019). 2019 ESSENTIAL FACTS About the Computer and Video Game Industry. https://www.theesa.com/wp-content/uploads/2019/05/ESA_Essential_facts_2019_final.pdf
- Fullerton, T. (2014). *Game Design Workshop: A Playcentric approach to creating innovative games*. In *Game Design Workshop*. A K Peters/CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b22309>
- Gerling, K. M., Mandryk, R. L., & Linehan, C. (2015). Long-term use of motion-based video games in care home settings. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 2015-April, 1573–1582. <https://doi.org/10.1145/2702123.2702125>
- Guerrilla-Games. (2017). *Horizon Zero Dawn*. Sony. <https://www.playstation.com/es-es/games/horizon-zero-dawn/>
- Ijsselstein, W. A., Kort, D., & Poels, Y. A. W. &. (2013). GAME EXPERIENCE QUESTIONNAIRE. Technische Universiteit Eindhoven. <https://research.tue.nl/en/publications/the-game-experience-questionnaire>
- Ijsselstein, W., Nap, H. H., De Kort, Y., & Poels, K. (2007). Digital game design for elderly users. *Proceedings of the 2007 Conference on Future Play, Future Play '07*, January, 17–22. <https://doi.org/10.1145/1328202.1328206>
- Kari, T. (2020). Exergaming experiences of older adults: A critical incident study. 32nd Bled EConference Humanizing Technology for a Sustainable Society, BLED 2019 - Conference Proceedings, June, 639–654. <https://doi.org/10.18690/978-961-286-280-0.34>
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. *Engineering*, 2, 1051. <https://doi.org/10.1145/1134285.1134500>
- Lankes, M., Hagler, J., Gattringer, F., & Stiglbauer, B. (2017). InterPlayces: Results of an intergenerational games study. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10622 LNCS, 85–97. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70111-0_8
- Lazzaro, N. (2004). *Why We Play Games: Four Keys to More Emotion Without Story*. Player Experience Research and Design for Mass Market Interactive Entertainment. XEODesign. http://xeodesign.com/xeodesign_whyweplaygames.pdf
- Manrique, V. (2013). Gamification Player Types: The T-E Pyramid. 1–12. <https://www.gamedeveloper.com/design/gamification-player-types-the-time-engagement-pyramid>

- Marczewski, A. (2013). The Intrinsic Motivation RAMP. Gamified UK. <https://www.gamified.uk/gamification-framework/the-intrinsic-motivation-ramp/>
- Marczewski, A. (2015). User Types. In *Even Ninja Monkeys Like to Play: Gamification, Game Thinking and Motivational Design* (1st ed., pp. 65–80). CreateSpace Independent Publishing Platform. <https://www.gamified.uk/user-types/#intrinsic>
- Mojang-Studios. (2021). Minecraft. <https://www.minecraft.net/es-es>
- Nintendo. (2006). Wii Sports Club. <https://www.nintendo.es/Juegos/Programas-descargables-Wii-U/Wii-Sports-Club-806816.html>
- Nintendo. (2017). The Legend of Zelda™: Breath of the Wild para la consola Nintendo Switch - Detalles de los juegos de Nintendo. https://www.nintendo.com/es_LA/games/detail/the-legend-of-zelda-breath-of-the-wild-switch/
- Peng, W., & Hsieh, G. (2012). The influence of competition, cooperation, and player relationship in a motor performance centered computer game. *Computers in Human Behavior*, 28(6), 2100–2106. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.06.014>
- Pink, D. H. (2009). Drive: The surprising truth about what motivates us (summary). Distribution, 256. <http://book.douban.com/subject/3885056/>
- Possler, D., Klimmt, C., Schlütz, D., & Walkenbach, J. (2017). A Mature Kind of Fun? Exploring Silver Gamers' Motivation to Play Casual Games – Results from a Large-Scale Online Survey. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10298, 280–295. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58536-9_23
- Quiñones, D., Rusu, C., & Rusu, V. (2018). A methodology to develop usability/user experience heuristics. *Computer Standards and Interfaces*, 59(November 2017), 109–129. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2018.03.002>
- Razak, F. H. A., Azhar, N. H. C., Adnan, W. A. W., & Nasruddin, Z. A. (2017). Exploring Malay older user motivation to play mobile games. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*: Vol. 10645 LNCS. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70010-6_44
- Rigby, S., & Ryan, R. (2004). The Player Experience of Need Satisfaction (PENS) An applied model and methodology for understanding key components of the player experience. www.immersyve.com
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68–78. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68>
- Salazar Cardona, J., Gutiérrez Vela, F. L., Lopez Arango, J., & Gallardo, J. (2021). Game-based systems: Towards a new proposal for playability analysis. *CEUR Workshop Proceedings*, 3082, 47–56.
- Salazar, J. A., Arango, J., Gutiérrez, F. L., & Moreira, F. (2022). Older Adults and Games from a Perspective of Playability, Game Experience and Pervasive Environments: A Systematics Literature Review. *World Conference on Information Systems and Technologies 2022*, 444–453. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04819-7_42
- Salazar, J., Arango, J., Gutiérrez, F., & Moreira, F. (2022). Meaningful learning : Motivations of older adults in serious games. *Universal Access in the Information Society*, 28.
- Sansone, C., & Harackiewicz, J. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivation: The Search for Optimal Motivation and Performance. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=uM10geBB8o4C&oi=fnd&pg=PP1&ots=DDy5f5A07K&sig=lrAo0SsWla-yW0hmvNX-10hKhgc&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Santos, L. H., Okamoto, K., Hiragi, S., Yamamoto, G., Sugiyama, O., Aoyama, T., & Kuroda, T. (2019). Pervasive game design to evaluate social interaction effects on levels of physical activity among older adults. *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering*, 6, 205566831984444. <https://doi.org/10.1177/2055668319844443>
- Sayago, S., Rosales, A., Righi, V., Ferreira, S. M., Coleman, G. W., & Blat, J. (2016). On the Conceptualization, Design, and Evaluation of Appealing, Meaningful, and Playable Digital Games for Older People. *Games and Culture*, 11(1–2), 53–80. <https://doi.org/10.1177/1555412015597108>
- Seaborn, K., & Fels, D. I. (2015). Gamification in theory and action: A survey. *International Journal of Human Computer Studies*, 74, 14–31. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2014.09.006>
- Seah, E. T. W., Kaufman, D., Sauvé, L., & Zhang, F. (2018). Play, Learn, Connect: Older Adults' Experience With a Multiplayer, Educational, Digital Bingo Game. *Journal of Educational Computing Research*, 56(5), 675–700. <https://doi.org/10.1177/0735633117722329>
- Seligman, M. (2018). PERMA and the building blocks of well-being. *The Journal of Positive Psychology*, 13(4), 333–335. <https://doi.org/10.1080/17439760.2018.1437466>
- Shao, D., & Lee, I. J. (2020). Acceptance and influencing factors of social virtual reality in the urban elderly. *Sustainability (Switzerland)*, 12(22), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su12229345>
- Subramanian, S., Dahl, Y., Skjæret Maroni, N., Vereijken, B., & Svanæs, D. (2020). Assessing Motivational Differences between Young and Older Adults When Playing an Exergame. *Games for Health Journal*, 9(1), 24–30. <https://doi.org/10.1089/g4h.2019.0082>
- Syed-Abdul, S., Malwade, S., Nursetyo, A. A., Sood, M., Bhatia, M., Barsasella, D., Liu, M. F., Chang, C. C., Srinivasan, K., Raja, M., & Li, Y. C. J. (2019). Virtual reality among the elderly: A usefulness and acceptance study from Taiwan. *BMC Geriatrics*, 19(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12877-019-1218-8>
- Tondello, G. F., Wehbe, R. R., Diamond, L., Busch, M., Marczewski, A., & Nacke, L. E. (2016). The gamification user types Hexad scale. *CHI PLAY 2016 - Proceedings of the 2016 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, 229–243. <https://doi.org/10.1145/2967934.2968082>

Objetivos de juego y motivadores en sistemas basados en juego

Game goals and motivators in game-based systems

Juan Antonio Trillo Manzano

Dpto. de Lenguajes y
Sistemas Informáticos
Universidad de Granada
Granada, España
juananbeas@correo.ugr.es

Francisco Gutiérrez Vela

Departamento de lenguajes y sistemas
informáticos
Universidad de Granada
Granada, Andalucía, España
fgutierr@ugr.es

Patricia Paderewski

Departamento de lenguajes y sistemas
informáticos
Universidad de Granada
Granada, Andalucía, España
patricia@ugr.es

Recibido: 04.10.2022 | Aceptado: 29.11.2022

DOI: <https://doi.org/10.65234/interaccion.70>

Palabras Clave

Motivadores
Motivación
Sistemas basados en juego
Objetivos de juego
Experiencia de jugador
Jugabilidad
Juegos serios
Gamificación

Resumen

El crecimiento tanto en variedad como en popularidad de los sistemas basados en juego (SBJ), derivado del éxito de los videojuegos como producto lúdico, lleva al interés por analizar estos sistemas para mejorar la experiencia que ofrecen a sus usuarios. Mientras que para los videojuegos clásicos existen métodos de análisis de calidad ya establecidos, al generalizar a SBJ se deben considerar factores que no se tienen lo suficientemente en cuenta en estos análisis, como los objetivos de juego.

Uno de los elementos que se debe poder analizar de la calidad de los SBJ es la motivación que generan en los jugadores, y lo adecuada que es el tipo de motivación que se promueve en función del objetivo de juego que el sistema presenta. Para ello, en este artículo se clasifican los objetivos de juego que prevalecen en los SBJ, así como los factores motivantes (motivadores) que se pueden encontrar en estos sistemas. Posteriormente, se establece una relación entre ambos basada en las características de los objetivos de juego y la experiencia de juego a la que fomenta cada motivador.

Como resultado de este artículo, obtenemos una representación de la influencia de los tipos de motivadores en los diferentes objetivos de juego, la cual puede ser de ayuda al implementar elementos de juego que se enfocan a motivar al jugador. Esta representación muestra los motivadores mejor orientados a cada objetivo de juego, y es de utilidad para conseguir un equilibrio al incluirlos en el desarrollo del SBJ.

Keywords

Motivators
Motivation
Game-based systems
Game goals
Player experience
Playability
Serious games
Gamification

Abstract

The growth in variety and popularity of game-based systems (GBS), derived from videogames success as a playful product, leads to an interest to analyze these systems to improve the experience they offer to their users. While for the classic videogames some quality analysis models already exist, when generalizing to GBS we need to consider factors that are not taken sufficiently into account in these analysis, like game goals.

One of the elements of the GBS quality that must be able to be analyzed is the motivation that these systems generate in players, and whether it is adequate or not based on the game goal that the system presents. To achieve that, in this article we classify the game goals that are prevalent in GBS, and the motivating factors (motivators) that can be found in these systems. After that, we establish a relationship between both motivators and game goals based on the characteristics of the game goals and the game experience that each motivator encourages.

As result, we obtain a representation of the influence of the motivators on the different game goals, which can be useful when implementing game elements focused in motivating the player. This representation shows the best motivators oriented to each game goal, and it is useful for achieving a balance when including them in the development of the GBS.

1. Introducción

La popularidad de los videojuegos como sistema lúdico es evidente: en el año 2020, se estimó la cifra de 2,69 mil millones de jugadores en el mundo, con predicciones de superar los tres mil millones de jugadores en 2023 (Gilbert, 2020).

La principal diferencia entre los videojuegos y otros tipos de sistemas de entretenimiento, como la televisión o los libros, es el mayor nivel de interacción que requiere por parte del usuario con el medio que le proporciona este entretenimiento. Esta interacción basada en el juego se ha extendido más allá de los videojuegos tradicionales, y hoy en día se emplea en otros sistemas de software como son los juegos serios, los juegos geolocalizados o los sistemas gamificados, a los que podemos englobar bajo el concepto de “sistema basado en juego” o SBJ.

Sin embargo, a la vez que esta interacción genera entretenimiento de forma más activa, se requiere de un esfuerzo por parte del usuario para ejercerla (Klimmt & Hartmann, 2006). Esta es una de las razones por las que la televisión sigue siendo todavía el medio preferido de entretenimiento (*Media revenue worldwide by category 2020*. 2022)

Para que los SBJ puedan competir con medios de entretenimiento que no necesitan de este esfuerzo extra, el usuario debe de tener incentivos para jugar, ya sea la propia diversión proporcionada mediante el juego u otros objetivos que de forma directa o indirecta el sistema pueda ofrecer (aprendizaje, rehabilitación, salud, participación social, etc.). Estos incentivos conforman la motivación que lleva al usuario a jugar, la cual, unida a los objetivos de juego que se promueven en la experiencia de jugador, determina el marco para analizar la calidad proporcionada por los SBJ en base a parámetros como pueden ser los niveles de jugabilidad proporcionados por el sistema.

A la hora de determinar la motivación que busca un SBJ en el usuario, hay que tener cuidado con no confundir los objetivos de juego con el objetivo del sistema como producto: por ejemplo, en un sistema gamificado empleado por una empresa, un objetivo de juego puede ser conseguir logros mediante la obtención de recompensas por completar tareas, mientras que el objetivo del producto es mejorar el rendimiento de los empleados utilizando este SBJ. En este caso la motivación asociada al aspecto de juego más lúdico podría ser la competición con los otros empleados, lo cual tendría un efecto directo en las recompensas obtenidas por cada usuario si se lleva a cabo correctamente, pero aunque así fuera no es seguro que el rendimiento de los empleados realmente fuera superior.

En definitiva, el objetivo de juego está determinado por las razones que han llevado a la inclusión de aspectos lúdicos en el

sistema de software, mientras que el objetivo de este como producto puede ser de cualquier otra índole. Los objetivos de juego varían en función del tipo de SBJ del que se trate, y pueden ser empleados a la vez o complementariamente si la experiencia de jugador deseada lo requiere.

Cada sistema basado en juego busca motivaciones diferentes mediante el empleo de motivadores en los usuarios dependiendo de los objetivos de juego que este pretenda ofrecer. La motivación de un sistema está relacionada directamente con la experiencia de jugador característica del sistema basado en juego, buscando a través de esta motivación que el usuario disfrute de estas experiencias, que a su vez están enfocadas a lograr sus objetivos de juego.

En este contexto, es interesante considerar la relación entre las motivaciones de las experiencias de jugador y los objetivos de juego, ya que la efectividad de la relación entre los motivadores y dichos objetivos es uno de los factores que determina la calidad del SBJ como parte de la jugabilidad del mismo. Un buen juego debe motivar a sus jugadores para que se cumplan los objetivos que con este se buscan conseguir. Asimismo, para que la experiencia de jugador sea la deseada, se debe alcanzar un balance o equilibrio entre los diferentes motivadores empleados para que se alcancen los objetivos de juego en la medida que se pretenda.

La mayoría de los estudios sobre motivación en SBJ se centran solamente en un tipo de motivación o los analizan en casos muy específicos. En el reciente artículo de Cheah et al. (Cheah et al., 2022) sí se estudian las motivaciones en videojuegos de forma más generalizada, identificando un conjunto de 6 temas motivacionales: inmersión y flujo, gratificación y afecto, escapismo, interacción social, identificación y orientación de metas. Sin embargo, al tratar solo con videojuegos no se están teniendo en cuenta el resto de SBJ, por lo que esta clasificación no considera el resto de las motivaciones que se pueden encontrar por ejemplo en los juegos serios. Otro estudio general, aunque más antiguo sobre motivaciones es el realizado en PENS (*Player Experience of Need Satisfaction*) (Ryan, R. M. et al., 2006), un modelo diseñado para la evaluación de la jugabilidad empleando las motivaciones del juego como base. Al igual que en el artículo anterior, no todos los SBJ son considerados, pero en este modelo ya se anticipa la importancia de otras motivaciones además de la diversión, y las relaciones que se introducen entre estas motivaciones y la jugabilidad son una referencia útil para un trabajo en el que sí se consideren todos los SBJ, como el que vamos a realizar.

Para empezar este estudio, primero expondremos el estado del arte relativo a las motivaciones en el ámbito de los sistemas basados en juego. Posteriormente, realizaremos una clasificación de las diferentes motivaciones y motivadores, así como de los objetivos de juego que se pueden encontrar en los sistemas basados en juego, la cual se lleva a cabo en los puntos

3 y 4 respectivamente. A continuación, en el punto 5, se analiza la relación que existe entre motivación y objetivos de juego, para discutir en el punto 6 las implicaciones que pueden tener estos resultados. Finalmente, en el punto 7 extraemos las conclusiones de este análisis, comentando también los avances que se pueden realizar empleando como base este trabajo.

2. Estado del arte de la motivación en sistemas basados en juego

La base de la mayoría de los trabajos en los que se trata la motivación en el ámbito lúdico se encuentra bajo la Teoría de la Autodeterminación (SDT, *Self-Determination Theory*) (Ryan, Richard & Deci, 2000). Como sus propios autores indican, se trata de una teoría sobre motivación humana y personalidad que “utiliza métodos empíricos tradicionales a la vez que emplea una metateoría organicista que subraya la importancia de los recursos internos evolucionados para el desarrollo de la personalidad y la autorregulación del comportamiento de los seres humanos”.

Esta teoría distingue entre motivaciones intrínsecas, tendencias que existen en cada ser humano de forma natural, y motivaciones extrínsecas, que son inducidas por agentes externos para conseguir ciertos resultados en las actividades que motivan. En general, las motivaciones que encontramos en los videojuegos se tratan de motivaciones intrínsecas, ya que es la propia actividad de jugar la que provoca dicha motivación, pero el surgimiento de nuevos sistemas basados en juego que emplean recompensas externas al juego, como los sistemas gamificados, lleva a que sea necesario también considerar la motivación extrínseca como un tipo de motivación presente en los SBJ.

Uno de los aspectos principales de esta teoría es la identificación de tres necesidades psicológicas que son la base para la motivación intrínseca de las personas. Estas necesidades son las siguientes:

- **Competencia:** Corresponde a la necesidad de una interacción efectiva. Se asocia con completar desafíos haciendo el uso de la maestría.
- **Relación:** Corresponde a la necesidad de una interacción mutua. Se trata de ser capaz de conectar con el medio que nos rodea.
- **Autonomía:** Corresponde a la necesidad de una interacción independiente. Se basa en actuar de acuerdo con las propias convicciones y deseos.

Los autores definen estas necesidades psicológicas como necesidades básicas que conducen a una experiencia de integridad y bienestar. Estas cualidades también corresponden

a una experiencia de juego de calidad, por lo que esta teoría se puede trasladar a este ámbito.

En este artículo también se menciona que Ryan y Deci desarrollaron una subteoría, llamada Teoría de la Integración Organicista (*Organismic Integration Theory*, OIT), la cual distingue entre diferentes tipos de motivación extrínseca. Como en este texto nos vamos a centrar en las necesidades psicológicas para la motivación intrínseca, no se va a entrar en detalle en esta teoría, pero puede ser de utilidad para analizar más en profundidad las motivaciones que pueden ser empleadas en sistemas gamificados, como hemos comentado anteriormente.

Entre los primeros autores que estudian cómo la motivación puede afectar en otros SBJ diferentes de los videojuegos, se encuentran Garris et al (Garris et al., 2002). Estos autores se basan en el concepto de “flujo” de Csikszentmihalyi (Csikszentmihalyi, 1990), el cual fue definido como “el estado en el que las personas están tan involucradas en una actividad que nada más parece importarles”. El foco de este artículo se encuentra en los juegos educativos, por lo que se analizan los factores que pueden motivar al jugador en este tipo de sistema basado en juego.

Las motivaciones en las que se centra este artículo corresponden a los prejuicios de los jugadores al iniciar la primera sesión de juego, comparando los juegos educativos con la educación clásica. Estos prejuicios son representados por las siguientes propiedades:

- **Interés:** Los juegos educativos generan mayor interés que la enseñanza tradicional.
- **Disfrute:** Csikszentmihalyi lo define como la sensación de éxito cuando las habilidades personales están a la altura de los desafíos de la tarea en cuestión. Se percibe mayor disfrute con el uso de juegos que con un entrenamiento convencional.
- **Concentración:** Corresponde al grado de involucramiento en una tarea. Esta inmersión depende de factores de control, sensoriales, de distracción y de realismo.
- **Confianza:** Los juegos proporcionan un medio seguro para practicar tareas sin las consecuencias de realizarlas en la realidad. Esto se traduce en confianza por parte del jugador para practicar utilizando el juego.

En un estudio también de Ryan et al., se aplica la Teoría de la Autodeterminación para estudiar los efectos de la motivación

en los videojuegos. De este estudio, que ya mencionamos en la introducción, surge el modelo PENS, el cual se emplea para analizar cómo se satisfacen las necesidades psicológicas que establece la SDT. Los elementos que se evalúan en este modelo son los siguientes:

- **Competencia:** El juego promueve desafíos que se corresponden con el nivel de habilidad del jugador.
- **Autonomía:** Se proporcionan oportunidades al jugador para que lleve a cabo actividades que le interesen.
- **Presencia:** El juego provoca una sensación de inmersión en el jugador.
- **Controles intuitivos:** La interfaz con la que se controlan las acciones en el juego es sencilla.

Como alternativa a los modelos basados en las necesidades psicológicas establecidas por la Teoría de la Autodeterminación, para juegos con elementos online Yee se centra en los motivos que los diferentes tipos de jugadores tienen para jugar (Yee, 2006).

Este autor determina tres motivos principales relacionados con el comportamiento dentro del juego:

- **Éxito:** Está asociado con la acumulación de estatus o poder en el mundo del juego.
- **Socialización:** Está relacionado con la formación y el mantenimiento de relaciones con otros jugadores.
- **Inmersión:** Asociada con la exploración de la narrativa del juego y sus personajes.

La diferencia principal entre este modelo y las necesidades psicológicas de la SDT es que el modelo de Yee se basa en que los motivos se deducen de las cualidades de los SBJ con funcionalidades online y pueden no satisfacer las necesidades psicológicas en las que se centran los demás modelos.

En otro artículo, el autor C. Olson (Olson, 2010) realiza un estudio con menores de entre 14 y 16 años analizando las motivaciones prevalentes en el uso de juegos electrónicos. Estas motivaciones se pueden agrupar en las siguientes categorías:

- **Socialización:** Muchos menores ven los videojuegos como una oportunidad social, tanto para conocer

gente nueva como para mantener temas de conversación con sus amigos.

- **Competición:** Completar desafíos difíciles o derrotar a enemigos, ya sean personajes con inteligencia artificial o controlados por otros jugadores, es un aspecto motivante muy presente entre los jugadores entrevistados.
- **Maestría:** Los logros derivados de utilizar habilidades personales también ayudan a motivar a muchos de los menores que participan en el estudio.
- **Tutoría:** Enseñar a otros menores a jugar también aparece como uno de los factores motivantes en el estudio realizado.
- **Liderazgo:** Las oportunidades para ejercer ciertos roles en grupo al jugar, incluido el de líder, son valoradas también por los menores que juegan.
- **Relajación:** Otra de las motivaciones que se encuentran en este público es poder desahogarse jugando, o simplemente utilizar los juegos para tranquilizarse y relajarse.
- **Personalización:** El poder expresarse mediante diferentes identidades mediante los personajes jugables ofrece una fantasía muy atractiva para los menores que experimentan con inmersión los juegos de los que disfrutan.
- **Creatividad:** Con el impulso de actividades como la creación de “mods” (implementación de nuevo contenido en el juego) o el lanzamiento de juegos “sandbox”, donde se otorga una libertad muy amplia al jugador, una de las motivaciones que más se ha popularizado es la creatividad.
- **Descubrimiento:** Las posibilidades que pueden ofrecer los mundos virtuales de los videojuegos comparados con el mundo real hacen que la curiosidad y la exploración de este mundo sean aún más atractivas para los jugadores.

Para el diseño de juego se ha empleado ya en algunas ocasiones una base motivacional para asegurar la eficacia del mismo. Por ejemplo, para el diseño de un juego terapéutico para la rehabilitación de un infarto (Burke et al., 2009), se establecen como motivaciones principales el desafío y lo que los autores denominan significado, que consiste en que la interacción entre jugador y sistema permita percibir cómo las elecciones del jugador afectan al juego, y que estas elecciones afecten al resultado final del mismo.

3. Tipos de motivación y motivadores

La clasificación principal que realizan la mayoría de los autores de los tipos de motivación se basa en distinguir entre motivación “intrínseca” y “extrínseca” (Van Eck, 2006) (Westera, 2015) (All et al., 2014) (Blair et al., 2016). Como ya se explicó al hablar de la Teoría de la Autodeterminación, la diferencia entre ambos tipos reside en el origen de la motivación: en nuestro caso, si esta proviene del propio jugador en su interacción con el SBJ, se trata de motivación intrínseca, mientras que si esta es proporcionada por un medio externo, se considera motivación extrínseca.

Por supuesto, el mismo tipo de motivación varía en efectividad en función de la persona que experimenta el sistema, ya que esta es una cuestión subjetiva. Esto hace que emplear motivadores concretos para diseñar un SBJ limite los perfiles de jugador que pueden disfrutar del juego, pero es un método necesario para atraer la atención del público y poder construir una buena experiencia de jugador para aquellos usuarios que sí se sientan atraídos por las motivaciones implementadas.

Dada esta tipología (motivación intrínseca y extrínseca), se pueden distinguir tres tipos de SBJ, en función de la experiencia de juego que predomina en cada uno de ellos: los videojuegos, los juegos serios y la gamificación.

Los videojuegos comprenden los juegos clásicos para dispositivos electrónicos, cuyo objetivo de juego principal es la diversión, y son el tipo de sistema más frecuente.

Los juegos serios son SBJ que buscan ser divertidos y a la vez buscan conseguir algún otro objetivo de juego, como puede ser la educación en los juegos educativos o la simulación en juegos que, por ejemplo, imitan las situaciones de estrés encontradas en los hospitales para que enfermeros y médicos practiquen sus habilidades (Bellotti et al., 2013).

La gamificación consiste en el uso intencional de elementos propios del juego para generar una experiencia de juego motivante, que favorezca la realización de tareas en un contexto que no es de juego (Seaborn & Fels, 2015), como la obtención de puntos por completar trabajos en una empresa o la adjudicación de logros por realizar diferentes publicaciones en un foro.

Considerando esta clasificación de tipos de SBJ, podemos establecer una relación entre estos y las motivaciones intrínsecas y extrínsecas.

Los videojuegos principalmente proporcionan una motivación intrínseca, ya que se fundamentan en la diversión que ofrecen al jugador, la cual se manifiesta principalmente en la experiencia de jugador. La experiencia que generan está muy basada en la independencia del jugador para decidir qué

acciones realiza e incluso en el carácter libre del propio proceso de diversión, aspectos muy ligados con la esencia de la motivación intrínseca.

Los juegos serios mezclan motivación intrínseca y extrínseca, ya que también proporcionan diversión al usuario, pero a su vez tienen objetivos de juego motivados externamente, como aprender sobre un oficio en una simulación de carácter educativo o investigar sobre una materia mediante la realización de desafíos, por lo que presentan también elementos de motivación extrínseca, usados principalmente para reducir los problemas de aburrimiento y falta de motivación a la hora de realizar estas actividades tanto a corto como a largo plazo. Por ejemplo, los SBJ orientados a la rehabilitación tratan de hacer que este proceso sea más ameno para los pacientes que los utilizan, sin perder eficacia como método de tratamiento.

Por último, los sistemas gamificados principalmente ofrecen una motivación extrínseca, ya que los objetivos lúdicos están centrados en la realización de tareas en un contexto que no es de juego, lo cual limita la diversión como objetivo de juego, y, en general, todas las motivaciones intrínsecas que pueda haber en el sistema.

Por tanto, los tipos de sistemas basados en juego considerados se pueden clasificar por motivación en función del balance entre la motivación intrínseca y extrínseca que proporcionan con sus experiencias, como se representa en la Figura 1.



Figura 1. Relación general entre sistemas basados en juego y los tipos de motivación que ofrecen

Esta clasificación, por supuesto, es muy general, y en función del tipo de SBJ puede haber videojuegos que empleen también motivaciones extrínsecas o sistemas gamificados que tengan mayor motivación intrínseca, pero se presupone que la mayoría de la motivación que proporcionan corresponde al tipo que se representa en esta escala.

Para conseguir la motivación de los jugadores, los sistemas basados en juego utilizan diferentes elementos y propiedades de diseño de juego, teniendo en cuenta también los objetivos que dicho sistema pretende lograr. Por tanto, a estos aspectos de los SBJ los podemos considerar “motivadores”, y su nivel de presencia en el juego determina la experiencia de juego a la que motiva dicho sistema.

Relacionadas con las necesidades de la teoría de la autodeterminación, en los sistemas basados en juego podemos establecer una clasificación de diferentes motivadores que se pueden encontrar en estos, y que buscan satisfacer dichas necesidades:

- **Desafío:** Muchos sistemas basados en juego basan su experiencia de jugador en ofrecer retos interesantes al usuario, así como en las mecánicas de juego implementadas para resolverlos. Ciertos perfiles de jugador se sienten realizados cuando consiguen completar un desafío que ha sido complicado, por lo que la dificultad del sistema basado en juego puede ser un atractivo, además de la satisfacción que se pueda encontrar al utilizar las herramientas que otorga el juego para superar estos retos. Este motivador está relacionado con la necesidad de **competencia**, ya que los jugadores buscan sentir que han completado un reto que requiere habilidad o destreza para superarlo.
- **Aprendizaje:** Los sistemas basados en juego son un ambiente propicio para ofrecer nuevos conocimientos, ya que la interacción entre el sistema y el jugador favorece la atención de este, y asociar conceptos a elementos lúdicos también es positivo para su recuerdo. Aprender estudiando de forma tradicional no es muy atractivo como forma de entretenimiento para la mayoría de la población, pero si se incluye este aprendizaje en un sistema basado en juego se puede generar satisfacción en el proceso de adquisición de conocimiento. Este motivador está relacionado con la necesidad de **competencia**, ya que conseguir resultados mediante el aprendizaje supone una mejora a nivel personal para el jugador que lo experimenta.
- **Logro:** Uno de los atractivos que ofrecen muchas experiencias de jugador es que el jugador puede coleccionar títulos o premios por acciones llevadas a cabo en el juego. Estas acciones no tienen por qué consistir en completar retos de manera exitosa, ya que se puede considerar un logro cualquier interacción que comprenda cierto nivel de dificultad o creatividad, independientemente del resultado de esta interacción. Este motivador está relacionado con la necesidad de **competencia**, ya que un jugador que es atraído por los logros intentará conseguir el máximo número posible de estos, suponiendo esto un reto para él mismo.
- **Enfrentamiento:** Lo que muchos jugadores buscan en los SBJ es poder competir contra personajes u otros jugadores en los retos que el juego presenta. Este motivador está relacionado con las necesidades de **competencia** y **relación**, ya que, por un lado, el jugador pretende poner a prueba sus habilidades contra personajes u otros jugadores, y por el otro busca la interacción con otros entes que participen del juego para poder realizar las actividades conducentes al enfrentamiento.
- **Socialización:** La interacción con otros personajes o jugadores forma parte en muchas ocasiones de la experiencia de jugador. El deseo de ciertos perfiles es buscar constantemente esta interacción, ya sea para completar los retos del juego o simplemente para disfrutar de la experiencia en compañía. Este motivador está relacionado con la necesidad de **relación**, ya que se asocia al deseo de interactuar con otros seres, aunque en algunos casos sean ficticios.
- **Inmersión:** La capacidad que tienen los SBJ para absorber la atención del jugador puede ser empleada para sumergir al usuario en una experiencia que le haga perder la noción de realidad, sustituyendo el mundo real por un mundo virtual del que se sienta que forma parte, empleando elementos de juego principalmente estéticos y narrativos. Este motivador está relacionado con las necesidades de **relación** y **autonomía**, ya que en este mundo virtual también se producen interacciones con otros personajes o jugadores, y el jugador puede interactuar con el mundo de muchas formas diferentes.
- **Libertad:** Una experiencia de jugador que permita tomar una gran cantidad de decisiones siempre es atractiva para ciertos perfiles. No todas estas decisiones deben tener repercusiones, lo importante es que el jugador sienta que pueda tener una sesión de juego personalizada, que le permita llevar a cabo las interacciones que él desea y como él desea. Este motivador está relacionado con la necesidad de **autonomía**, ya que el jugador busca controlar su propia experiencia con el sistema.
- **Entretenimiento:** Muchos jugadores emplean los sistemas basados en juego para pasar el tiempo, utilizando la interacción entre el juego y el jugador como distracción. Este motivador está relacionado con la necesidad de **autonomía**, ya que es el jugador el que decide cómo emplear el sistema para que este le resulte entretenido.
- **Relajación:** Las experiencias de jugador también pueden servir para tomar un respiro, haciendo que la interacción sea una actividad sosegada y que el jugador pueda disfrutar de un tiempo tranquilo. Este motivador está relacionado con la necesidad de **autonomía**, ya que el jugador busca formas de aliviarse en el sistema basado en juego.

En la figura 2 se representa esta asociación entre las necesidades establecidas por la Teoría de la Autodeterminación

o SDT y los diferentes tipos de motivadores que podemos encontrar en los sistemas basados en juego.

Competencia	Desafío
	Aprendizaje
	Logro
Relación	Enfrentamiento
	Socialización
Autonomía	Inmersión
	Libertad
	Entretenimiento
	Relajación

Figura 2. Necesidades de la SDT y correspondientes motivadores en sistemas basados en juego

Otras teorías de la motivación, como la teoría de la experiencia de “flow” o “fluidez” de Csikszentmihalyi, son compatibles con esta clasificación, ya que no se está discutiendo el origen absoluto de la motivación, sino las formas que esta toma para presentarse en los sistemas basados en juego, por lo que las necesidades de la SDT simplemente sirven como guía para determinar el ámbito en el que cada uno de los tipos de motivación se puede encontrar.

4. Objetivos de juego

Anteriormente, de forma generalizada, hemos distinguido entre videojuegos, juegos serios y gamificación como sistemas basados en juego. Esta clasificación sirve para diferenciar a grandes rasgos los sistemas basados en juego en función del enfoque de sus objetivos de juego hacia la diversión. Sin embargo, se puede precisar mucho más teniendo en cuenta los diferentes tipos de objetivos de juego que pueden aparecer además de la diversión. La clasificación que vamos a realizar, por tanto, está centrada en los juegos serios y gamificación, ya que son los tipos de sistemas basados en juego que complementan sus objetivos de juego con la diversión.

En 2015, Marczewski (Marczewski, 2015) distinguía entre diferentes tipos de juegos serios, además de la simulación, que, aunque en su trabajo se estudia por separado, sigue compartiendo con estos la diversión con otros objetivos de juego, por lo que, a los efectos de este análisis, se puede considerar como juego serio. La clasificación que este autor realiza es la siguiente:

- **Juegos educativos:** Son juegos en los que se enseña algo, como puede ser una asignatura escolar, el manejo de un instrumento, idiomas, o cualquier otra materia que pueda ser objeto de estudio.

Un ejemplo de juego que ofrece este tipo de experiencia es “Los Invasores del Tiempo” (Los Invasores del Tiempo. 2022). Se trata de un SBJ del tipo aventura conversacional donde el principal objetivo es mejorar los procesos de lectura comprensiva mediante la realización de desafíos y retos que se proponen para este tipo de juegos (Padilla-Zea et al., 2015). Los retos planteados en el juego se incluyen dentro de los cinco tipos de comprensión lectora existentes (literal, inferencial, crítica, global y metacompreensión). El jugador, de forma transparente, cuando está resolviendo los puzles que le proporciona el juego está usando su capacidad de comprensión y el sistema puede analizar los niveles alcanzados. El sistema de juego puede adaptar y personalizar los retos en base a los objetivos educativos y los niveles de lectura comprensiva de cada uno de los jugadores.

- **Juegos con significado:** El objetivo de estos juegos es transmitir un mensaje con un significado profundo y dejar una influencia en el jugador, de manera que se promueva un cambio positivo en valores.

Un juego que ofrece este tipo de experiencia es “Darfur is Dying” (Darfur is Dying. 2018), en el cual el jugador se pone en la piel de un refugiado de Darfur, sufriendo desde su perspectiva las dificultades que tiene que afrontar la gente que ha tenido que abandonar su patria. Dentro del juego se pueden realizar acciones para ofrecer ayuda a este colectivo, y también se muestra al jugador maneras de colaborar en la realidad.

- **Juegos con propósito:** Las acciones a realizar en estos juegos tienen algún tipo de resultado tangible en el mundo real, como contribuir a una investigación o llevar a cabo tareas que se realizan con el mismo juego.

Un ejemplo de este tipo de juego es “Foldit” (Foldit. 2022). Se trata de un juego del género de puzles que propone a los jugadores predecir la estructura de proteínas realizando pliegues a estas. Las soluciones que obtienen las mejores puntuaciones dentro del juego son analizadas por investigadores que determinan si se pueden aplicar a proteínas relevantes en el mundo real. Entender cómo se pueden plegar las proteínas puede llevar a desarrollar medicamentos para muchos tipos de enfermedades. Por ejemplo, se han propuesto problemas para encontrar curas de diferentes tipos de cáncer, así como para el sida o incluso, recientemente, para el coronavirus.

- **Simulaciones:** Los juegos que pertenecen a la categoría de “simulación” tienen como objetivo realizar una representación virtual de una situación en el mundo real. Esto facilita, por ejemplo, obtener experiencia en situaciones peligrosas antes de afrontarlas en la realidad.

Un juego que ofrece esta experiencia es “*Full Code - Emergency Medicine Simulation*” (Full Code – Emergency Medicine Simulation. 2021). Se trata de una aplicación que permite a profesionales del ámbito de la medicina practicar con casos clínicos complejos, ofreciendo a los jugadores diferentes tipos de respuesta en función del caso que deben tratar. Esto permite practicar situaciones de tensión con pacientes en estado crítico, sin poner en peligro la salud de ninguna persona real.

Otro tipo de objetivo de juego que puede ofrecer este tipo de sistemas es la **terapia**, ya sea física o mental, tal y como expone Horne-Moyer (Horne-Moyer et al., 2014). El uso terapéutico de videojuegos varía desde juegos que motivan, controlan y evalúan la actividad física, a juegos que ofrecen contenidos que psicológicamente ayudan a personas que necesitan de psicoterapia.

Un ejemplo de juego que se puede utilizar para terapia física es “*Wii Fit*” (Wii Fit. 2022). Mediante una plataforma periférica sobre la que se sitúa el jugador, el juego puede controlar los cambios del centro de equilibrio de este, de forma que se pueden proponer ejercicios al jugador y con esta información ser corregidos y evaluados por el juego. Como ejemplo de juego empleado en psicoterapia se tiene “*Island*” (Martínez, 2011), un videojuego que se utiliza para regular las emociones y la impulsividad en ciertos desórdenes mentales, captando a través de biosensores las reacciones del jugador, las cuales el juego reconoce y reconduce para mejorar su control.

En general, los sistemas gamificados buscan los mismos objetivos de juego que los juegos serios, pero con una estructura que no se corresponde con la de juego, ya que constan de pocos elementos de diseño de juego que han sido incorporados a un sistema que no es de juego. Por tanto, la clasificación de objetivos de juego que podemos considerar son los objetivos asociados a cada uno de los juegos serios que hemos mencionado anteriormente, además de la diversión. De esta forma, se puede distinguir entre los siguientes objetivos de juego: **diversión, educación, significado, propósito, terapia y simulación.**

Cabe destacar, como ya se ha comentado, que un SBJ no suele perseguir únicamente un solo objetivo de juego, por lo que los objetivos de juego que se ofrecen en las experiencias de jugador se deben ver como una combinación de los elementos de esta clasificación.

5. Relación entre objetivos de juego y motivadores

Como es de esperar, cada objetivo de juego tiene ciertos motivadores asociados que permiten a los desarrolladores guiar al jugador para que en su experiencia de juego alcance estos objetivos. Las relaciones que se pueden discernir entre los elementos de las clasificaciones que hemos realizado son las siguientes:

- **Diversión:** El principal motivador asociado a la diversión es el **entretenimiento**. No en vano, los videojuegos son considerados un sistema de entretenimiento, y esta motivación unida a la interacción que se produce entre el SBJ y el jugador es lo que provoca que la experiencia de jugador llegue a ser divertida.

Por supuesto, otros motivadores pueden influir en la diversión. En el caso de los videojuegos, esto depende principalmente del género de juego al que pertenece cada uno. Los juegos centrados en los retos que proporcionan, como los juegos de acción, tendrán más motivadores relacionados con la necesidad de competencia; los juegos en los que se interactúa con personajes y/o jugadores como los juegos masivos multijugador serán motivados por la necesidad de relación; y los juegos en los que prima la liberación del jugador respecto de las interacciones esperadas tienen motivadores asociados con la necesidad de autonomía.

- **Educación:** Los juegos que tienen como objetivo de juego principal la educación están naturalmente motivados por el **aprendizaje**. Sin embargo, este motivador siempre está acompañado de otros motivadores relacionados con la necesidad de competencia, ya que esta educación se lleva a cabo mediante los retos de la experiencia de jugador.

Cuando se trata de videojuegos con la educación como objetivo de juego, el motivador que predomina es el desafío, ya que el foco está en la dinámica de juego de completar los retos presentados, mientras que en sistemas gamificados son los logros los que llevan a los jugadores a seguir completando las tareas del juego que les proporcionan esta educación, ya que lo que se potencia es obtener los títulos o las recompensas asociadas a superar estos objetivos. En ambos sistemas basados en juego puede presentarse el motivador de enfrentamiento si se compite contra otros personajes o jugadores. Los juegos educativos emplean estos motivadores en mayor o menor medida, siempre procurando que los retos

presentados sean lo suficientemente atractivos para que la educación sea efectiva.

- **Significado:** El objetivo de juego de significado tiene dos motivadores principales: la **inmersión** y el **aprendizaje**. Esto se debe a que las experiencias de jugador que tienen este objetivo de juego tratan de hacer que el jugador se sienta parte de la situación en la que este significado tiene lugar, con lo cual se pretende crear un ambiente inmersivo, y se presenta esta situación para que el jugador pueda conocer circunstancias diferentes a las suyas y adoptar nuevas ideas acorde a estas, por lo que también se lleva a cabo un aprendizaje.

En muchos casos, para representar estas situaciones se emplean personajes que transmiten sus sentimientos o impresiones acerca de estas, por lo que también se puede tener motivación mediante socialización. Asimismo, si el sistema basado en juego permite que el jugador obtenga las conclusiones acertadas mediante prueba y error, el motivador de libertad tendrá también un papel importante en la experiencia del jugador.

- **Propósito:** Los sistemas basados en juego que tienen como objetivo de juego el propósito pueden estar motivados de tres formas diferentes. Si lo que se busca es resolver retos en poca cantidad, pero complejos, entonces el motivador que prevalece es el de **desafío**. Si se pretenden realizar muchas tareas, pero con poca dificultad, entonces el motivador más relevante será el de **logro**. Por último, si lo que se busca es probar cosas, entonces el motivador que predomina será el de **libertad**. El propósito del sistema basado en juego en sí mismo también puede ser considerado como un motivador, pero esto depende del jugador y de su opinión acerca de lo que se pretende conseguir.
- **Terapia:** Al igual que para el objetivo de juego de propósito, la terapia puede tener diferentes motivadores en función del tipo de terapia que ofrece el sistema basado en juego. La terapia física suele estar asociada con el **logro**, ya que el sistema premia completar las tareas físicas que son requeridas al jugador, aunque también se puede hacer uso del enfrentamiento si se emplea la terapia física en un grupo de personas. En el caso de la terapia mental, hay dos vertientes: si la terapia está enfocada a la relación con otra gente, entonces la **socialización** será el motivador prioritario, mientras que si la terapia se orienta a los pensamientos y forma de ser

de una persona, el motivador que se suele emplear es la de **relajación**.

- **Simulación:** Para este objetivo de juego, el motivador principal es la **inmersión**. Lo que se pretende en los sistemas basados en juego de simulación es que el jugador se sienta parte de la situación que se presenta en el juego, por lo que se necesita un ambiente inmersivo que favorezca esta sensación. En función del tipo de simulación que se ofrezca, la inmersión puede ir acompañada de diferentes motivadores: el aprendizaje, si se pretende emplear la simulación para practicar algún oficio; el enfrentamiento, si el objetivo es entrenar para una competición; la socialización, si se pretende simular la interacción con otras personas; o la relajación, si se simula un ambiente distendido.

En la figura 3 se pueden ver representadas de manera gráfica las relaciones presentadas anteriormente, uniendo con mayor grosor de línea aquellos motivadores que son o pueden ser el principal motivador para dicho objetivo de juego. Esto ofrece una visión general de los motivadores que se deben emplear en función de los objetivos de juego que se pretenden alcanzar, así como su distribución aproximada. Cabe destacar que, a pesar de que el entretenimiento solo se considera como motivación para el objetivo de juego de diversión, todas las experiencias de sistemas basados en juego tienen la diversión como uno de sus objetivos de juego, aunque en algunos casos como en los sistemas gamificados se dé mucha más importancia a otros objetivos de juego.

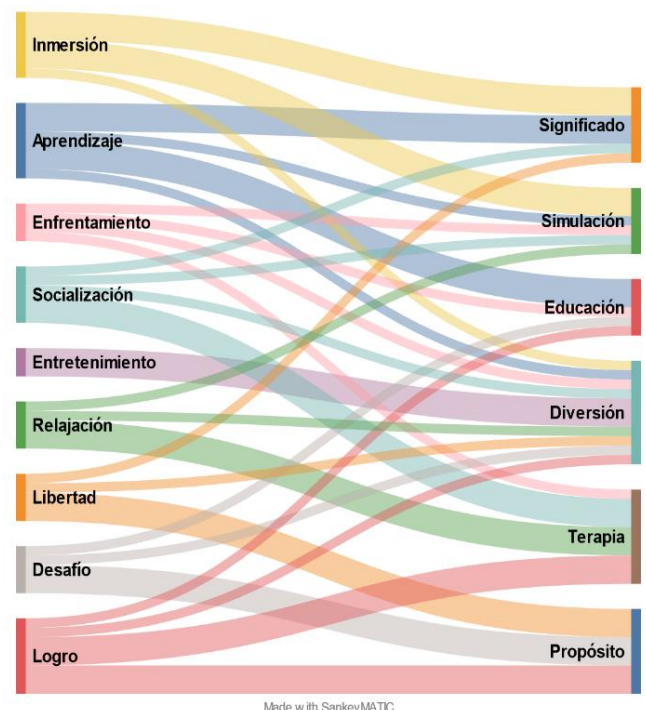


Figura 3. Relaciones entre objetivos de juego y motivadores

6. Discusión

Gracias a las clasificaciones que hemos realizado tanto de los objetivos de juego como de las motivaciones en la experiencia de jugador, hemos podido encontrar diferentes relaciones que muestran cómo cada objetivo de juego es motivado por diferentes aspectos del sistema basado en juego. Para que considerar estas relaciones sea de utilidad, es interesante adoptar una perspectiva desde el desarrollo de sistemas basados en juego.

Cuando se diseña un SBJ, los desarrolladores deben tener claro qué objetivos de juego pretenden ofrecer en la experiencia de jugador, de forma que puedan orientar el diseño del sistema a alcanzar dichos objetivos. Una de las herramientas que se puede emplear para esta orientación en el diseño es el uso de la motivación en el jugador para que su experiencia le lleve a los objetivos de juego previstos.

Para introducir esta motivación, se pueden emplear los motivadores expuestos anteriormente. En función de los objetivos de juego que se pretendan ofrecer, la Figura 3 se puede interpretar como el equilibrio necesario que determina el nivel de empleo de diferentes motivadores.

Por ejemplo, si se desea diseñar un SBJ que pretenda educar tanto en valores como en conocimiento y que sea divertido, entonces el aprendizaje debe ser el motivador más importante, incluyendo inmersión y entretenimiento a partes iguales y pudiendo emplear el resto de motivadores para aumentar la diversión, como la libertad y la socialización, que también motivan para el objetivo de juego de significado, o el enfrentamiento, el desafío y el logro, que se pueden emplear para el objetivo de juego de educación.

El entretenimiento como motivador y la diversión como objetivo de juego tienen un papel especial en los SBJ. En la clasificación que realizábamos entre videojuegos, juegos serios y gamificación para los sistemas basados en juego, se establecía una relación entre el tipo de sistema basado en juego y el nivel de motivación intrínseca o extrínseca que tenía lugar en cada uno de ellos. Asimismo, también se ha hablado de que la diversión es el principal objetivo de juego en los videojuegos, mientras que en los juegos serios se mezcla con otros objetivos de juego y en los sistemas gamificados no tiene mucha relevancia. Esto hace pensar que la diversión es un aspecto que se encuentra en todos los sistemas basados en juego, y, por tanto, el entretenimiento se puede considerar el motivador principal para generar las experiencias de jugador.

Por otro lado, a pesar de que la mayoría de las experiencias de jugador se basan en retos, el desafío como motivación no tiene por qué aparecer en muchos de los objetivos de juego. Esto se debe a que, salvo en los juegos educativos y con propósito, donde se necesita cierta dificultad para poder obtener resultados, en muchos casos los retos son un medio para

disponer del resto de motivaciones. Por ejemplo, en un juego con significado se puede pedir al jugador que ayude a un personaje en problemas, pero no se motiva al jugador por el reto en sí, sino por la situación en la que se encuentra, probablemente motivada por la inmersión en el mundo virtual del juego.

Otras motivaciones, como el enfrentamiento, dependen en gran medida de cómo esté implementado el objetivo de juego en el sistema para tenerlas en cuenta. Un juego terapéutico puede completar sus objetivos de juego siendo para un solo jugador, pero si se promueve una competición sana en un grupo para realizar las actividades del juego, es bastante probable que los jugadores utilicen con más frecuencia el sistema basado en juego, y que lo hagan con mayor intensidad, alcanzando el objetivo de juego de forma más efectiva.

En definitiva, la relación entre las motivaciones y los objetivos de juego, aunque general y con ciertos matices, permite determinar en muchos casos los aspectos del juego más relevantes a la hora de motivar a los jugadores para que la experiencia de jugador sea lo más provechosa posible. Esta asociación es la base para que el desarrollo de un sistema basado en juego pueda determinar sus objetivos de juego y conducir la experiencia de jugador para que estos sean alcanzados por los usuarios del sistema, teniendo en cuenta que las motivaciones empleadas deben ser compatibles con los perfiles de jugador a los que se dirige la experiencia.

7. Conclusiones

Distinguir entre motivaciones intrínsecas y extrínsecas nos ha permitido diferenciar los tipos de sistemas basados en juego al nivel más general entre videojuegos, juegos serios y gamificación. Se ha representado el equilibrio entre ambos tipos de motivaciones en función de la experiencia de jugador, lo cual sirve de orientación para el desarrollo de cada uno de estos tipos de SBJ.

La teoría de la autodeterminación o SDT ha resultado de utilidad para definir los motivadores que se emplean en la experiencia de jugador. Estos motivadores se pueden asociar con las necesidades que establece esta teoría, y hemos podido relacionarlos con los diferentes objetivos de juego que hemos considerado como principales en los sistemas basados en juego. Esta relación muestra cómo cada objetivo de juego está motivado por diferentes aspectos del juego, y se ha explicado cómo algunas motivaciones tienen más peso que otras en función de cómo se planteen dichos objetivos.

Además, se ha discutido cómo estas relaciones pueden ser empleadas en el desarrollo de SBJ para balancear los motivadores empleados en función de los objetivos de juego

que se pretenden ofrecer en la experiencia de jugador, así como la importancia de la diversión como objetivo de juego y el entretenimiento como motivador en todos los sistemas basados en juego.

Tomando este trabajo como base, el siguiente paso debe ser avanzar en la validación de los análisis realizados en este artículo. Para ello, se pueden diseñar cuestionarios dirigidos a expertos o realizar encuestas a usuarios de sistemas basados en juego para confirmar que las relaciones entre motivación y objetivos de juego son acertadas.

Como se ha mencionado en diferentes ocasiones, la relación entre motivación, motivadores y objetivos de juego es de utilidad para el desarrollo de sistemas basados en juego. Considerar estas asociaciones de forma efectiva permite a los desarrolladores motivar a los jugadores para que se alcancen los objetivos que se busca con la experiencia de jugador, y también se consigue que los jugadores disfruten más al hacer uso del sistema.

Una consecuencia de disponer de estas relaciones es tener la posibilidad de determinar qué elementos del diseño del juego afectan a cada tipo de motivación, y de qué manera se pueden añadir, modificar o eliminar para potenciar las motivaciones que sean deseadas en función de los objetivos de juego a alcanzar. Para ello, primero se debe de realizar una clasificación de los elementos de diseño de juego, que posteriormente se relacionaría con las motivaciones de forma similar a como se ha hecho con los objetivos de juego. Esto ayudaría a los desarrolladores a poder implementar motivaciones en la experiencia de jugador de forma sistemática y acorde a sus objetivos.

Realizando una clasificación de los sistemas basados en juego no en función de sus objetivos de juego, sino de los aspectos de diseño más relevantes en la experiencia de jugador, se podría obtener también una relación entre los diferentes géneros de juego que existen y ciertas motivaciones que se encuentran asociadas a estos.

También es de interés considerar estas relaciones en el análisis de la jugabilidad de sistemas basados en juego. Evaluar las motivaciones más relevantes para el objetivo de juego que se pretende alcanzar permitiría disponer de un análisis contextualizado, centrado en la experiencia de jugador, que mediría la efectividad con la que se pueden conseguir los objetivos de juego establecidos, y que permitiría comparaciones entre sistemas basados en juego que compartieran los mismos objetivos de juego.

Agradecimientos

La financiación tanto de este trabajo como de los futuros proyectos derivados de este es posible gracias al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, dentro de la ayuda recibida por los proyectos de investigación “PERGAMEX-ACTIVE. Diseño de Experiencias de Juego Pervasivas Usando Asistentes Virtuales para Promover el Envejecimiento Activo en Personas Mayores dentro del Entorno del Hogar Digital” (RTI2018-096986-B-C32) y “Asistencia al Envejecimiento Activo en el Hogar Digital Integrando Asistentes Virtuales en Experiencias Lúdicas con Agentes Inteligentes en la Monitorización/Supervisión” (B-TIC-720-UGR20), ambos llevados a cabo por el Grupo de Especificación, Diseño y Evaluación de Software (GEDES - TIC164) de la Universidad de Granada.

Referencias

- All, A., Nunez Castellar, E., Castellar, N., & Looy, J. (2014). Measuring Effectiveness in Digital Game-Based Learning: A Methodological Review. *International Journal of Serious Games*, 110.17083/ijsg.v1i2.18
- Bellotti, F., Kapralos, B., Lee, K., Moreno-Ger, P., & Berta, R. (2013). Assessment in and of Serious Games: An Overview. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2013, 136864. 10.1155/2013/136864
- Blair, L., Bowers, C., Cannon-Bowers, J., & Gonzalez-Holland, E. (2016). Understanding the Role of Achievements in Game-Based Learning. *International Journal of Serious Games*, 310.17083/ijsg.v3i4.114
- Burke, J. W., McNeill, M. D. J., Charles, D. K., Morrow, P. J., Crosbie, J. H., & McDonough, S. M. (2009). Optimising engagement for stroke rehabilitation using serious games. *Visual Computer*, 25(12), 1085-1099. 10.1007/s00371-009-0387-4
- Cheah, I., Shimul, A. S., & Phau, I. (2022). Motivations of playing digital games: A review and research agenda. *Psychology & Marketing*, 39(5), 937-950. <https://doi.org/10.1002/mar.21631>
- Csikszentmihalyi, M. (1990). Flow: The Psychology of Optimal Experience. ()
- Darfur is Dying. (2018). Games4Sustainability. <https://games4sustainability.org/gamepedia/darfur-is-dying/>
- Foldit. (2022). Foldit: Solve Puzzles for Science <https://fold.it/>
- Full Code - Emergency Medicine Simulation. (2021). Full Code - Online Medical Simulation. <https://full-code.com/>

- Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. (2002). Games, Motivation, and Learning: A Research and Practice Model. *Simulation & Gaming*, 33, 441-467. 10.1177/1046878102238607
- Gilbert, N. (2020). *Number of Gamers Worldwide 2022/2023: Demographics, Statistics, and Predictions*. Financesonline.com. Retrieved Mar 11, 2022, from <https://financesonline.com/number-of-gamers-worldwide/>
- Horne-Moyer, L., Moyer, B., Messer, D., & Messer, E. (2014). The Use of Electronic Games in Therapy: a Review with Clinical Implications. *Current Psychiatry Reports*, 16, 520. 10.1007/s11920-014-0520-6
- Los Invasores del Tiempo*. (2022). Los Invasores del Tiempo. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.UGR.LosInvasoresDelTiempo>
- Klimmt, C., & Hartmann, T. (2006). Effectance, self-efficacy, and the motivation to play video games. *Playing Video Games: Motives, Responses, and Consequences*, , 133-145.
- Marczewski, A. (2015). *Even Ninja Monkeys Like to Play: Gamification, Game Thinking and Motivational Design* (1st ed.). CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Martínez, M. (2011,). 'Island', mejor videojuego europeo de salud del Fun&Serious Game Festival. *La Voz Digital* <https://www.lavozdigital.es/cadiz/20111018/sociedad/island-mejor-videojuego-europeo-20111018.html>
- Media revenue worldwide by category 2020*. (2022). Statista. Retrieved Mar 31, 2022, from <https://www.statista.com/statistics/1132706/media-revenue-worldwide/>
- Olson, C. K. (2010). Children's Motivations for Video Game Play in the Context of Normal Development. *Review of General Psychology*, 14(2), 180-187. 10.1037/a0018984
- Padilla-Zea, N., Medina Medina, N., Gutiérrez Vela, F. L., Paderewski Rodríguez, P., López-Arcos, J. R., Núñez Delgado, M. P., & Rienda Polo, J. (2015). Evaluación continua para aprendizaje basado en competencias: Una propuesta para videojuegos educativos. *IE Comunicaciones: Revista Iberoamericana De Informática Educativa*, (21 (Enero-Junio)), 3. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5113266>
- Ryan, R. M., Rigby, C. S., & Przybylski, A. (2006). The motivational pull of video games: A self-determination theory approach. *Motivation and Emotion*, 30(4), 347-363. 10.1007/s11031-006-9051-8
- Ryan, R., & Deci, E. (2000). Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. *The American Psychologist*, 55, 68-78. 10.1037/0003-066X.55.1.68
- Seaborn, K., & Fels, D. I. (2015). Gamification in theory and action: A survey. *International Journal of Human-Computer Studies*, 74, 14-31. 10.1016/j.ijhcs.2014.09.006
- Van Eck, R. (2006). Digital Game Based LEARNING It's Not Just the Digital Natives Who Are Restless. *Educause*, 41
- Westera, W. (2015). Games are motivating, aren't they? Disputing the arguments for digital game-based learning. *International Journal of Serious Games*, 210.17083/ijsg.v2i2.58
- Wii Fit*. (2022). Nintendo. <https://www.nintendo.es/Juegos/Wii/Wii-Fit-283894.html>
- Yee, N. (2006). Motivations for play in online games. *Cyberpsychology and Behavior*, 9(6), 772-775. 10.1089/cpb.2006.9.772

Análisis emocional para el bienestar de los ancianos en el proceso de interacción digital

Emotional analysis for the well-being of the elderly in the process of digital interaction

Javier Navarro-Alamán

Dpto. de Informática e
Ingeniería de Sistemas
EUPT, Universidad de
Zaragoza
Teruel, España
jnavarroa@unizar.es

Raquel Lacuesta

Dpto. de Informática e
Ingeniería de Sistemas
EUPT, Universidad de
Zaragoza
Teruel, España
lacuesta@unizar.es

Iván García-Magariño

Dpto. de Ingeniería del
Software e Inteligencia
Artificial
Universidad Complutense de
Madrid
Madrid, España
igarciam@ucm.es

Silvia Hernandez Muñoz

Unidad Predepartamental de
Bellas Artes
Universidad de Zaragoza Teruel,
España
silviahm@unizar.es

Recibido: 07.10.2022 | Aceptado: 02.12.2022

DOI: <https://doi.org/10.65234/interaccion.72>

Palabras Clave

Internet de las cosas
Parámetros fisiológicos
Emociones
Personas mayores

Resumen

Las personas mayores siguen presentando reticencia en el uso de sistemas tecnológicos. Dicho colectivo presenta además dificultades en el proceso de interacción debido a sus limitaciones técnicas y la disminución de sus capacidades físicas y cognitivas, generándoles sensación de frustración y estrés.

En el diseño de aplicaciones, la adaptación del proceso teniendo en cuenta las sensaciones emocionales de los usuarios es un factor importante a la hora de asegurar su uso y aceptación. El IoT (Internet of Things) ofrece aplicaciones y posibilidades para analizar el proceso de interacción desde el punto de vista emocional de los usuarios con la tecnología.

En este artículo nos centraremos en presentar el diseño de un algoritmo que permita detectar estados emocionales en el usuario fruto del proceso de interacción. La determinación de dichos estados y la adaptación realizada podrá repercutir en lograr una mayor adhesión y aceptación del sistema interactivo.

Keywords

Internet of things
Physiological parameters
Emotions
Elderly

Abstract

The elderly continues to show reluctance in the use of technological systems. This group also presents difficulties in the interaction process due to their technical limitations and diminished physical and cognitive capacities, generating feelings of frustration and stress.

In the design of applications, the adaptation of the process taking into account the emotional sensations of users is an important factor in ensuring their use and acceptance. The IoT (Internet of Things) offers applications and possibilities to analyze the interaction process from the emotional point of view of users with technology.

In this article we will focus on presenting the design of an algorithm that allows detecting emotional states in the user as a result of the interaction process. The identification of these states and the adaptation carried out may have an impact on achieving greater adherence and acceptance of the interactive system.

1. Introducción

Las investigaciones de los últimos años indican que para reconocer, interpretar, procesar y simular las emociones de los seres humanos es necesario humanizar la interacción del usuario con la tecnología (Dzedzickis et al., 2020). Actualmente, la mayoría de las aplicaciones de IoT (Internet of Things) no se centran en el estudio de las emociones de los usuarios. Sin embargo, algunos estudios (Deepika Mathuvanthi et al., 2019; Lacuesta et al., 2017) muestran cómo es posible detectar las emociones a partir del análisis de los datos recogidos de los dispositivos IoT a través de diferentes tipos de parámetros como la EDA, la VFC, la electroencefalografía, la electrocardiografía, la frecuencia cardíaca (FC) o la fotopletiografía. El acceso y uso de este tipo de parámetros mediante sistemas IoT permitirá la monitorización de signos esenciales, emociones, contexto, cuestiones sociales, situaciones específicas y actividades relacionadas con los usuarios. Con este tipo de datos, estos sistemas podrían trabajar para lograr objetivos específicos como reducir las emociones negativas de los usuarios, motivarlos, obtener un mejor rendimiento de estos o simplemente lograr objetivos o emociones específicas solicitadas o deseadas por ellos. El uso de sistemas de reconocimiento de emociones (ER) basados en IoT tiene una demanda cada vez mayor en muchos dominios, como por ejemplo la atención médica.

A pesar de los avances en las tecnologías modernas de reconocimiento de emociones, la representación de la relación entre la respuesta emocional y el proceso de interacción no se ha investigado profundamente, lo cual podría conllevar un peor rendimiento de la persona en el uso del sistema interactivo. La comprensión del cómo se siente la persona a través del interrogatorio o los procesos de sensorización permitirían conocer las emociones del usuario y actuar sobre el proceso interactivo, de esta forma, la interpretación del estado podría aportar un conocimiento significativo dentro del proceso de interacción. Los usuarios de aplicaciones requerirán, por lo tanto, sistemas que detecten los cambios en el estado emocional del sujeto en cada situación concreta de la interacción digital. Considerar la variación en la situación es esencial para establecer un conocimiento preciso sobre el proceso de interacción, la aceptación y/o la adherencia a un sistema y en el caso de personas mayores podría mejorar el alcance de los sistemas desarrollados.

Actualmente, la mayoría de los sistemas de reconocimiento de emociones (ER) se centran en identificar un conjunto pequeño y específico de estados emocionales. Considerarlos en la forma actual no proporciona suficiente información para obtener un apoyo humano adecuado y completo en un entorno determinado. En consecuencia, el sistema debería adaptarse dinámicamente dependiendo de la situación. En este sentido, nuestro objetivo es proporcionar un enfoque novedoso que permita analizar la emoción del anciano para poder modificar o

cambiar la interfaz o la actividad a realizar por éste. El enfoque propuesto se basa en la posibilidad de integrar diferentes fuentes de datos IoT que permitan adquirir los diferentes estados emocionales actuales del sujeto observado y observar si existen emociones negativas que puedan ser contraproducentes en la adhesión tecnológica.

El artículo se estructura de la siguiente forma: primero se hace un repaso de trabajos relacionados con IoT y la personalización de aplicaciones mediante las emociones (sección 2); a continuación (sección 3), se presenta el diseño del sistema propuesto; seguido por los resultados obtenidos (sección 4). Por último, en la sección 5, se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

2. Estado del arte

IoT es la red de dispositivos interconectados con sensores, software y conectividad de red para acumular e intercambiar datos (Laghari et al., 2021). Abarca todas las "cosas" que pueden utilizarse como dispositivos productivos que proporcionan información útil para realizar diferentes tipos de análisis. Esta información puede guardarse y analizarse para mejorar el funcionamiento de un dispositivo o mejorar otros dispositivos. Actualmente, muchos sistemas IoT se acomodan o personalizan al usuario o a sus necesidades.

Los sistemas domésticos inteligentes pueden recoger información de sensores o entradas e integrarla en cada dispositivo doméstico equipado con interfaces inalámbricas. Para comparar nuestra propuesta con las existentes, presentamos algunas aplicaciones y estudios basados en las emociones de IoT.

De la observación de patrones fisiológicos concretos se ha determinado que existen ciertos patrones que se repiten cuando se vive una situación concreta. Por ejemplo, en caso de miedo, los latidos y la respiración son más fuertes, los músculos están más tensos y se incrementa la sudoración entre otras. En caso de estados de felicidad, la musculatura se relaja, la actividad cerebral aumenta. Podríamos denominar emoción como el conjunto de cambios fisiológicos, cognitivos y motores que surgen de la valoración de un estímulo, en un contexto determinado y en relación con los objetivos de un individuo en un momento concreto de su vida. Una emoción se activa a partir de un acontecimiento.

Pal et al. (Pal et al., 2021) utilizan todo tipo de sensores, para el reconocimiento de las emociones humanas. Se clasificaron 23 publicaciones de sistemas de monitorización de la salud mental (MHMS) según el tipo de trastorno mental y enumeraron todos los dispositivos empleados en estos estudios (García-Ceja et al., 2018) (por ejemplo, sensor ocular, variabilidad del ritmo cardíaco (Heart Rate Variability (HRV)), actividad electrodérmica (Electrodermal activity (EDA)),

fotopletiograma, acelerómetro, cuestionarios). Bassam et al. (Al Bassam et al., 2021) monitorizaron el bienestar desarrollando un sistema de detección móvil en el que el usuario llevaba un dispositivo IoT equipado con múltiples sensores. Por último, estudiamos dos aplicaciones, MoodScope (Puleston, 2011) y BeWell (Lane et al., 2011), que utilizan sensores de teléfono móvil. Ninguna de ellas utiliza otros dispositivos IoT externos. BeWell se basa en un sistema de recomendación y MoodScope identifica el estado emocional de los usuarios interrogándolos a través de la aplicación.

Si nos centramos en la monitorización de ancianos, en (Nahian et al., 2020) los autores proponen un entorno de monitorización de caídas para ancianos con desórdenes neurológicos basado en emociones, donde se propone detectar la emoción y eliminar la ansiedad y estrés y depresión para reducir caídas. Para la detección de la emoción utilizan reconocimiento de la expresión. En (Mano et al., 2016) se utilizan imágenes de pacientes para la detección emocional de mayores en un contexto de atención médica en el hogar. En (Hossain & Muhammad, 2017) se propone un nuevo sistema de reconocimiento de emociones para mayores utilizando señales de voz e imagen. Varios estudios han comenzado con el estudio de reconocimiento de emociones a través del clasificador Support Vector Machine (Zhao et al., 2018) a través de mediciones obtenidas de un dispositivo portátil. En (Gjoreski et al., 2017) se utiliza el mismo modelo considerando las mismas señales para el monitoreo del estrés. Otros autores trabajan con clasificación de emociones como miedo y sorpresa (Park et al., 2014). Otras emociones se analizan en (Gong et al., 2016) tales como la alegría, la ira, la tristeza y el placer o diferentes tipos de estrés (Sevil et al., 2021).

Es importante comprender las percepciones y emociones de los adultos mayores en relación con las nuevas tecnologías. Si se perciben más beneficios del uso de las nuevas tecnologías que dificultades experimentadas al utilizarlas, los adultos mayores podrían estar más dispuestos a adoptar herramientas potencialmente útiles que puedan ayudarles a llevar un estilo de vida saludable.

Los autores en (McDonagh et al., 2002; McDonagh-Philp & Lebbon, 2000) sugieren que una serie de factores emocionales influyen en la probabilidad de que una persona utilice un producto. En (Turner et al., 2007) los autores descubrieron que las personas mayores se encuentran con una serie de retos tanto físicos como cognitivos cuando intentan aprender a utilizar tecnología interactiva. Otros problemas presentados podrían ser: actitud, ansiedad, problemas de percepción de la importancia de la tecnología, la utilidad y la facilidad de uso, la percepción de la capacidad de aprendizaje y su orientación hacia el futuro o el pasado. Algunas emociones que estos usuarios presentaban en el uso de la tecnología eran sentimientos de frustración y/o ansiedad y/o miedo, no entendían los beneficios y creían necesitar apoyo o ayuda.

Además, los factores de deterioro físico y de experiencia o experiencia previa negativa limitaban el uso de los sistemas. Además, se percibían con una falta de percepción de poder aprender a usar el sistema.

Frente a los estudios realizados se presenta el estudio emocional en mayores como de vital importancia a la hora de conseguir un mayor uso y adhesión a los sistemas interactivos.

3. Diseño del sistema

En este artículo se propone el diseño de un algoritmo que permita modificar el tipo de actividad o la interfaz con la que está interactuando la persona (usuarios mayores) en función de las emociones experimentadas con el objetivo de mejorar el proceso de interacción de las personas mayores en el uso de sistemas interactivos.

El diseño inicial del algoritmo presenta varias fases (Figura 1). En primer lugar, se solicita la emoción inicial del usuario, para analizar su posible variación. El usuario comenzará a realizar la actividad recomendada, por ejemplo, el uso de una interfaz de seguimiento m-health para el registro de datos de usuario.

Para el aprendizaje del sistema y el conocimiento del usuario, el sistema registrará los datos fisiológicos del usuario. En nuestra propuesta se utilizarán dispositivos IoT para dicho cometido. A través de este proceso el sistema irá aprendiendo y relacionando los parámetros recogidos del sistema de IoT con la emoción percibida por el usuario (pregunta directa).

Tras un tiempo X, el sistema estimará la emoción del usuario a través de los datos IoT recogidos, si la emoción estimada es negativa, se preguntará al usuario para comprobar que el sistema ha interpretado correctamente la emoción.

En caso de que se corrobore la emoción negativa estimada (de acuerdo con la respuesta del usuario) se le pregunta al usuario si dicha emoción es relativa al proceso de interacción. En concreto, el usuario seleccionará una o varias opciones de las propuestas: “no lo oigo bien”, “no lo leo bien”, “no lo entiendo”, “es muy difícil”, “no me gusta”, “no me es útil”, “todo está bien” u “otros”. Una vez conocida la razón se estimará si la situación es provocada por algún factor relativo al proceso interactivo. En caso de que sea dicho proceso el que está provocando situaciones de incomodidad al usuario, el sistema podrá o modificar la actividad o adaptar la interfaz a las características de accesibilidad necesarias (Navarro-Alamán et al., 2021).

La Figura 1 muestra que el algoritmo está en constante aprendizaje, ya que cada vez que nos indica una emoción se registra dicha emoción para mejorar la estimación futura del sistema. También se registrarán los datos fisiológicos de la

persona, unidos a su caracterización y a la emoción subyacente a esos datos.

La Figura 2 presenta el algoritmo una vez realizado el aprendizaje del sistema. En este caso, ya no será necesario comparar la emoción estimada con la percibida por el usuario, puesto que se estima que el sistema es capaz de establecer con una precisión alta el estado real del usuario, sin la necesidad de preguntar. Una vez estimada la emoción negativa, el algoritmo seguirá preguntando la razón que provoca dicho estado negativo. En futuras versiones del sistema, a través de un conocimiento profundo del usuario se plantea estimar además la posible razón de la disconformidad del usuario. De esta forma la realización de la adaptación podría no requerir del proceso de interrogación y ser totalmente automática.

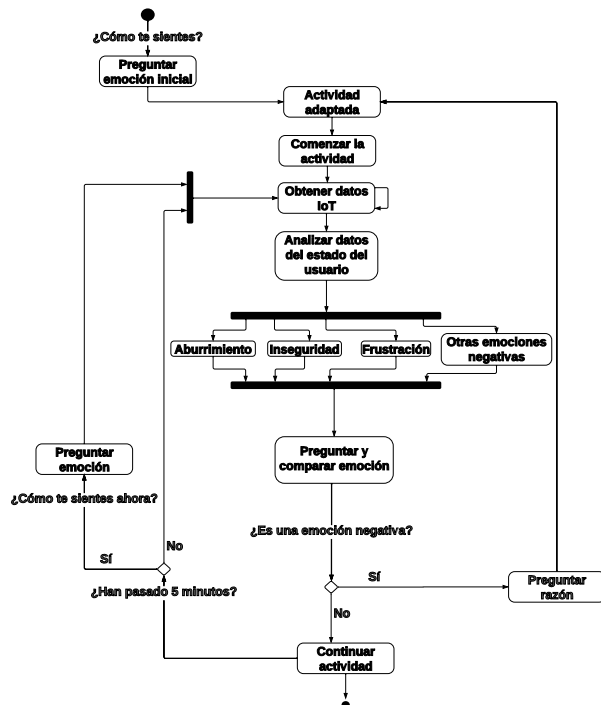


Figura 1: Algoritmo de adaptación en la fase de aprendizaje.

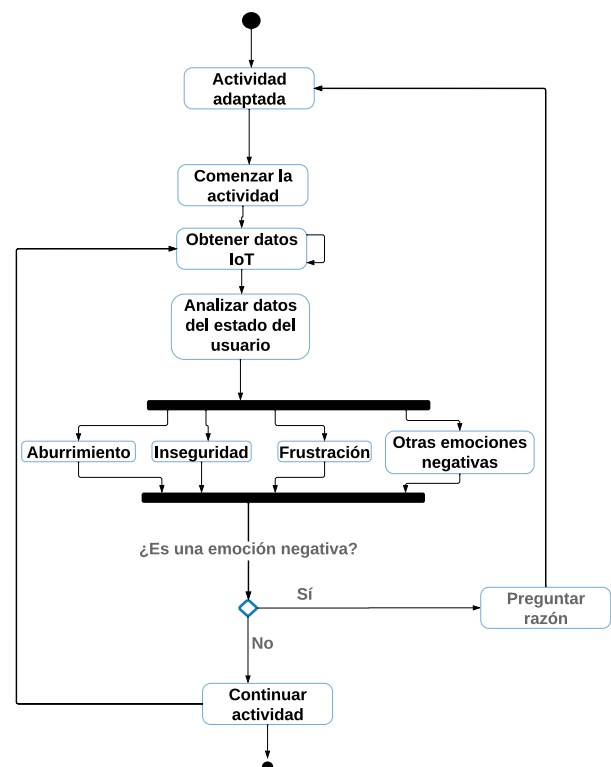


Figura 2: Algoritmo de adaptación una vez el sistema ha aprendido.

3.1 Selección de parámetros: emocionales y jugables

Los parámetros emocionales que el sistema tendrá en cuenta durante el análisis se recogerán de dos maneras: 1) datos manuales del usuario a partir de los datos auto informados por medio de la aplicación 2) datos recogidos automáticamente de los dispositivos del IoT. De esta forma, el sistema analiza el estado actual del usuario y sus emociones actuales a través de ambos mecanismos.

Para el análisis de los parámetros fisiológicos del usuario se valoraron varias alternativas, seleccionando finalmente la pulsera E4 empática por el amplio rango de parámetros recogidos. En concreto, permite recoger entre otros los parámetros de pulso de volumen sanguíneo (Blood Volume Pulse (BVP)) que permite calcular la variabilidad de frecuencia cardiaca (HRV), propiedades eléctricas de la piel (EDA), temperatura cutánea periférica y frecuencia cardiaca (Heart Rate (HR)). En la Figura 3 se presentan las medidas que la pulsera ofrece.

El sistema registrará los datos de la pulsera mientras el usuario interactúa con la aplicación.

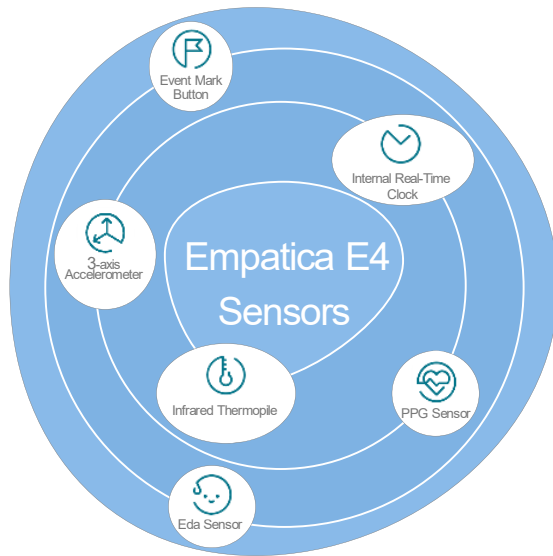


Figura 3: Parámetros recogidos por la empática E4.

Para registrar el nivel de emoción del usuario se han valorado la utilización de varias herramientas de determinación de afecto. En primer lugar, se valora el uso de la Cuadrícula de Afecto de Russell (Affect Grid) (Colomo-Palacios et al., 2011), diseñada como un medio rápido para determinar el afecto a lo largo de las dimensiones de placer-displacer y excitación-sueño en una escala de 1 a 9, teniendo un profundo impacto en la psicología social que mide las emociones. Según la bibliografía, el Affect Grid es potencialmente adecuado para los estudios relacionados con las emociones.

En segundo lugar, se analiza la rueda de las emociones de Robert Plutchik. En esta rueda las emociones básicas contempladas son: alegría, confianza, miedo, sorpresa, tristeza, aversión, ira y anticipación. El resto de las emociones que aparecen son clasificadas como emociones compuestas o secundarias.

Finalmente se elaboró una herramienta propia, la cual se puede consultar en la Figura 4, adaptada a las posibles emociones relacionadas con el uso de una interfaz digital y con el objetivo de simplificar a usuarios mayores la elección o selección de una opción que refleje su emoción vigente. El objetivo de esta herramienta será realizar el análisis de la dimensión emocional. Posteriormente, será necesario estudiar la relación existente entre las tecnologías digitales y las emociones asociadas a su uso para completar el proceso de adaptación.

3.2 Diseño de interfaces

A continuación, se presentan las interfaces de los primeros prototipos diseñados.

Inicialmente, presentamos la pantalla inicial donde se le pregunta al usuario su estado emocional actual (Figura 4.a) y el nivel de ese estado en el que se encuentra (Figura 4.b). Estas interfaces se utilizarán a lo largo de todo el proceso para recoger la emoción del usuario.



Figura 4: Interfaces de recogida de información emocional.

Una vez el usuario informa de cómo se encuentra, pasará a realizar la actividad concreta (Figura 5.a). El usuario podrá terminar en cualquier momento de realizar la actividad. Durante el proceso de interacción se recogen los datos informados y fisiológicos del usuario en su interacción con la aplicación. Todos los parámetros recogidos se almacenan en una base de datos. Esta información se utilizará para estimar el estado del usuario. Con estos datos, se calcula una "puntuación emocional" en la que se clasificarán las diferentes emociones del usuario a través de su evolución en dos ejes: energético (relacionado con su energía) y positivo (respecto a su actitud). Esta puntuación permitirá conocer si el usuario mantiene un estado de interacción positivo. Si su estado evoluciona correctamente el usuario seguirá realizando dicha actividad hasta que la actividad finalice. Si no se evoluciona correctamente se le preguntará al usuario si existe algún problema en el proceso de interacción (Figura 5.b). En las primeras pruebas el proceso de recogida de datos fue manual. En un futuro será el algoritmo de medición de datos fisiológicos el que determine la emoción del usuario y adapte la interfaz y/o la actividad.



Figura 5: Interfaces de a) Recogida de aspectos relativos al proceso de interacción y b) realización de la actividad.

Una vez recogidos los datos, las adaptaciones en la interfaz se realizarán en función de los valores de respuesta del usuario y están basadas en las directrices de accesibilidad presentadas en interfaces adaptativas (Navarro-Alamán et al., 2021) y de acuerdo a las pautas de accesibilidad recogidas en (Arch & Abou-Zahra, 2010). Actualmente, el algoritmo está siendo diseñado para incorporarlo a aplicaciones de seguimiento de pacientes utilizando aplicaciones de m-health.

4. Pruebas y resultados

Las primeras pruebas de interfaz se realizaron con 5 usuarios de entre 65 y 75 años, siendo 3 mujeres y 2 hombres (Figura 7Figura), lo que nos permitió validar el diseño de las interfaces.

Los usuarios debían en primer lugar expresar cómo se sentían al comienzo de la realización de la actividad (Figura 4), expresando el tipo de emoción y el nivel de emoción que presentaban en ese momento, en segundo lugar los usuarios tenían que realizar una actividad con el móvil. La actividad se les proponía a través de la interfaz representada en la Figura 5a. Una vez comenzada la actividad, se les daba un tiempo de 5 minutos para realizarla; en tercer lugar los usuarios expresaban de nuevo cómo se habían sentido en el proceso de realización de la actividad, la interfaz utilizada era la misma de la Figura 4 cambiando el título de “¿Cómo te sientes?” a “¿Cómo te sientes ahora?.. En el caso de sentirse mal por alguna razón se les preguntaba por qué (Figura 5b). El algoritmo en función de la respuesta obtenida adaptará la interfaz con el objetivo de intentar subsanar la situación de incomodidad del usuario. A continuación los usuarios seguían realizando la actividad otros 5 minutos y de nuevo se les preguntaba su estado emocional.

A continuación, se muestra un pequeño ejemplo de como una actividad es adaptada en función de la situación de incomodidad del usuarios. En este caso la actividad se centra en la realización de ejercicios físicos guiados. En laFigura 6 se presenta uno de los ejercicios. Dicha actividad consiste en “levantar y bajar los brazos” y es una actividad diseñada dentro de una aplicación de gestión de fragilidad desarrollada en nuestro grupo de investigación . La interfaz Figura 6a presenta la actividad sin adaptar. La figura 6b presenta la interfaz adaptada debido a las respuestas del usuario a las preguntas: ¿cómo te sientes?, respuesta “frustrado”, ¿qué es lo que no te ha gustado?, respuesta “no lo leo bien”. Se puede ver como la aplicación se adaptaría según las necesidades del usuario Figura 6a sin adaptar , con botones y letra más pequeños y Figura 6b adaptada, con el tamaño de los botones, letra aumentado, así como con cambio de color para mejorar el contraste.

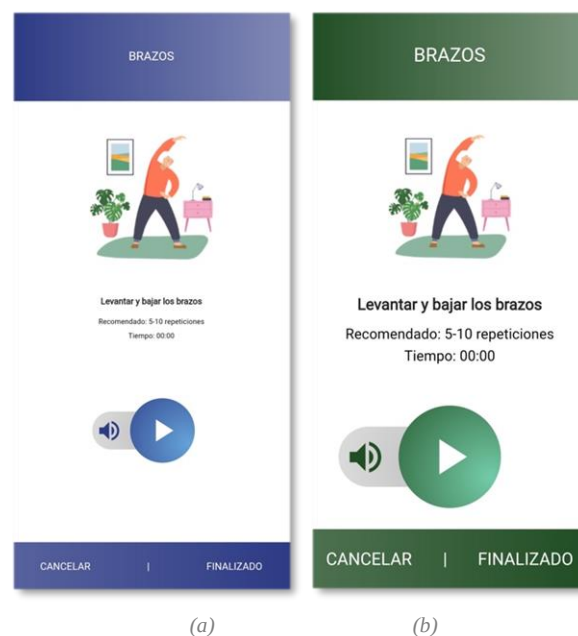


Figura 6: Ejemplos de actividades con adaptación al usuario, a) sin adaptar y b) adaptada.

En esta primera evaluación solo se evaluaron las interfaces presentadas en la Figura 4 y Figura 5 no se evaluaron las interfaces de la actividad a realizar.



Figura 7: Pruebas realizadas.

Para la evaluación de usabilidad se ha utilizado el test de usabilidad SUS (Vlachogianni & Tselios, 2021). En la Figura 8 los resultados medios del SUS se situaron en el rango 1-5. De los resultados recogidos obtenemos que los usuarios encuentran sencillas las interfaces presentadas, destacando positivamente la facilidad de uso de las interfaces de Figura 4 (recogida de emoción) y Figura 5 (recogida de datos del proceso de interacción)

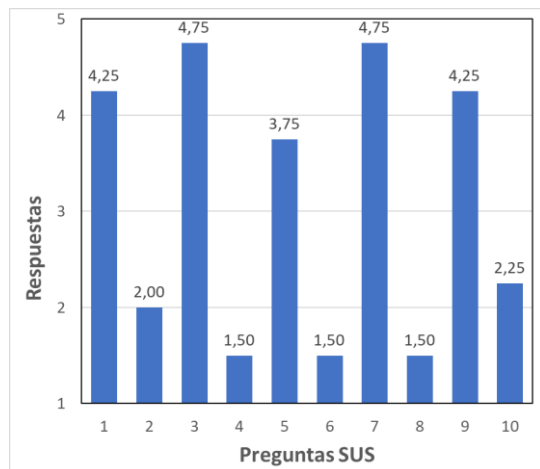


Figura 8: Resultados del test SUS

Durante el proceso de realización de la actividad, así como antes y después (pruebas de interfaces) se recogen los datos fisiológicos de los usuarios. En este primer análisis la relación de datos fisiológicos con emociones se realiza a través de la correlación de los datos de: emociones registradas por los usuarios (informadas por ellos –antes, durante y al acabar la actividad-) y los datos fisiológicos recogidos. Para observar cómo varían las emociones en el proceso de interacción presentamos en la Figura 9 diferentes estados por los que han pasado los usuarios en los procesos de prueba, donde los usuarios utilizan una aplicación interactiva, pero en la cual no hay todavía una adaptación.

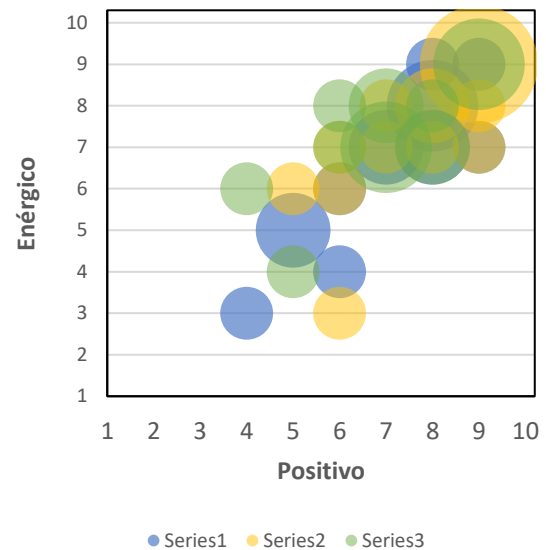


Figura 9: Estados de ánimo antes de realizar la actividad (Series1), mientras realizan la actividad (Series 2) y cuando terminan la actividad (Series 3).

A continuación (Figura 10) mostramos las medias de los valores de EDA y HRV recogidos por la pulsera fisiológica, mostrando su variación a lo largo del tiempo y durante el uso de la aplicación.

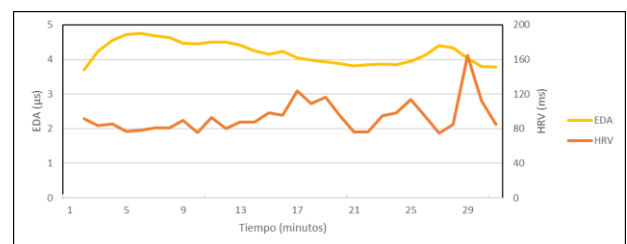


Figura 10: Valores medios de los parámetros EDA y HRV.

Finalmente, y como una primera aproximación se representa la relación de los valores emocionales con los parámetros fisiológicos recogidos, haciendo una diferenciación entre mujeres y hombres. En concreto en la Figura 11 mostramos el valor de HRV en relación con los estados emocionales. En la Figura 12 mostramos el valor EDA en relación con las emociones. Para la representación de la emoción se ha utilizado una escala (0-18) donde el valor 0 representa una emoción negativa y el valor 18 representa un valor positivo.

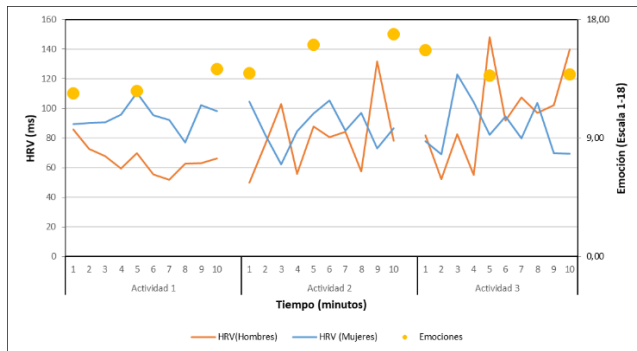


Figura 11: Estados HRV en relación con las emociones.

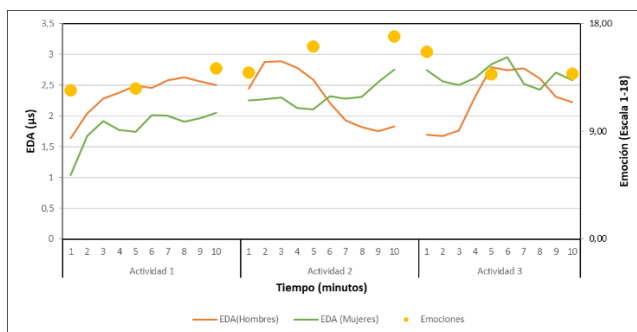


Figura 12: Estados EDA en relación con las emociones.

5. Conclusiones y trabajo futuro

Este trabajo se presenta una primera aproximación al diseño de un algoritmo basado en el análisis de emociones de los usuarios mayores que pretende analizar el proceso de interacción y adaptar las interfaces en función de las emociones de los

usuarios. El objetivo final pretende mejorar el proceso de interacción y la aceptación tecnológica por parte de estos usuarios. En esta versión preliminar se muestra un primer análisis de la evolución de las emociones y de su variabilidad, así de cómo estas pueden ser modificadas dependiendo de la frustración o estrés al que se vea sometido el mayor, no sólo por limitaciones físicas y/o cognitivas sino también por problemas de rechazo tecnológico o frustración adquirida en el proceso de interacción. En el presente artículo se presenta un algoritmo que permite analizar el estado del usuario y que permitirá en un futuro adaptar la actividad realizada y o modificar dicha actividad en caso de detectar emociones negativas en el usuario dependientes del proceso de interacción. Actualmente se está trabajando en el análisis de las señales fisiológicas y su relación con los estados emocionales del usuario. De esta forma, a continuación se pretende correlacionar datos fisiológicos con emociones en los usuarios y detectar factores emocionales negativos influyentes en el proceso de interacción, así como diseñar un sistema de adaptación del proceso que consiga como objetivo final mejorar el proceso de interacción del usuario.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MCI), la Agencia Española de Investigación (AEI), la UE (FEDER) a través de los contratos RTI2018-096986-BC31, y por el Gobierno de Aragón (Grupo T60_20R).

Referencias

- Al Bassam, N., Hussain, S. A., Al Qaraghuli, A., Khan, J., Sumesh, E. P., & Lavanya, V. (2021). IoT based wearable device to monitor the signs of quarantined remote patients of COVID-19. *Informatics in Medicine Unlocked*, 24, 100588.
- Arch, A., & Abou-Zahra, S. (2010). Developing websites for older people: How web content accessibility guidelines (WCAG) 2.0 applies. *Web Accessibility Initiative*.
- Colomo-Palacios, R., Casado-Lumbreras, C., Soto-Acosta, P., & García-Crespo, Á. (2011). *Using the affect grid to measure emotions in software requirements engineering*.
- Deepika Mathuvanthi, P., Suresh, V., & Pradeep, C. (2019). IoT powered wearable to assist individuals facing depression symptoms. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 6, 1676–1681.
- Dzedzickis, A., Kaklauskas, A., & Bucinskas, V. (2020). Human emotion recognition: Review of sensors and methods. *Sensors*, 20(3), 592.
- García-Ceja, E., Riegler, M., Nordgreen, T., Jakobsen, P., Oedegaard, K. J., & Tørresen, J. (2018). Mental health monitoring with multimodal sensing and machine learning: A survey. *Pervasive and Mobile Computing*, 51, 1–26.
- Gjoreski, M., Luštrek, M., Gams, M., & Gjoreski, H. (2017). Monitoring stress with a wrist device using context. *Journal of Biomedical Informatics*, 73, 159–170.
- Gong, P., Ma, H. T., & Wang, Y. (2016). Emotion recognition based on the multiple physiological signals. *2016 IEEE International Conference on Real-Time Computing and Robotics (RCAR)*, 140–143.
- Hossain, M. S., & Muhammad, G. (2017). *Emotion-aware connected healthcare big data towards 5G*, *IEEE Internet Things J.*(2017).
- Lacuesta, R., García, L., García-Magariño, I., & Lloret, J. (2017). System to recommend the best place to live based on wellness state of the user employing the heart rate variability. *IEEE Access*, 5, 10594–10604.

- Laghari, A. A., Wu, K., Laghari, R. A., Ali, M., & Khan, A. A. (2021). A review and state of art of Internet of Things (IoT). *Archives of Computational Methods in Engineering*, 1–19.
- Lane, N. D., Mohammad, M., Lin, M., Yang, X., Lu, H., Ali, S., Doryab, A., Berke, E., Choudhury, T., & Campbell, A. (2011). Bewell: A smartphone application to monitor, model and promote wellbeing. *5th International ICST Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, 10.
- Mano, L. Y., Façal, B. S., Nakamura, L. H., Gomes, P. H., Libralon, G. L., Meneguete, R. I., Geraldo Filho, P. R., Giancristofaro, G. T., Pessin, G., & Krishnamachari, B. (2016). Exploiting IoT technologies for enhancing Health Smart Homes through patient identification and emotion recognition. *Computer Communications*, 89, 178–190.
- McDonagh, D., Bruseberg, A., & Haslam, C. (2002). Visual product evaluation: Exploring users' emotional relationships with products. *Applied Ergonomics*, 33(3), 231–240.
- McDonagh-Philp, D., & Lebbon, C. (2000). The emotional domain in product design. *The Design Journal*, 3(1), 31–43.
- Nahian, M., Ghosh, T., Uddin, M. N., Islam, M., Mahmud, M., & Kaiser, M. S. (2020). Towards artificial intelligence driven emotion aware fall monitoring framework suitable for elderly people with neurological disorder. *International Conference on Brain Informatics*, 275–286.
- Navarro-Alamán, J., Gilaberte, R. L., & Bagdasari, E. C. (2021). Una propuesta de caracterización inicial de mayores para el desarrollo de interfaces adaptativas. *Revista de la Asociación Interacción Persona Ordenador (AIPO)*, 2(2), Article 2.
- Pal, S., Mukhopadhyay, S., & Suryadevara, N. (2021). Development and Progress in Sensors and Technologies for Human Emotion Recognition. *Sensors*, 21(16), 5554.
- Park, B.-J., Jang, E.-H., Kim, S.-H., Chung, M.-A., & Sohn, J.-H. (2014). A Study on Autonomic Nervous System Responses and Feature Selection for Emotion Recognition. *Proceedings of the International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies-Volume 4*, 116–121.
- Puleston, J. (2011). Online research—game on!: A look at how gaming techniques can transform your online research. *Shifting the Boundaries of Research. Proceedings of the 6th ASC (Association for Survey Computing) International Conference*, 20–50.
- Sevil, M., Rashid, M., Hajizadeh, I., Askari, M. R., Hobbs, N., Brandt, R., Park, M., Quinn, L., & Cinar, A. (2021). Discrimination of simultaneous psychological and physical stressors using wristband biosignals. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 199, 105898.
- Turner, P., Turner, S., & Van de Walle, G. (2007). How older people account for their experiences with interactive technology. *Behaviour & Information Technology*, 26(4), 287–296.
- Vlachogianni, P., & Tselios, N. (2021). Perceived usability evaluation of educational technology using the System Usability Scale (SUS): A systematic review. *Journal of Research on Technology in Education*, 1–18.
- Zhao, B., Wang, Z., Yu, Z., & Guo, B. (2018). EmotionSense: Emotion recognition based on wearable wristband. *2018 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced & Trusted Computing, Scalable Computing & Communications, Cloud & Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovation (SmartWorld/SCALCOM/UIC/ATC/CBDCOM/IOP/SCI)*, 346–355.

Co-CIAT: Un Entorno para el Modelado Colaborativo en Notación CIAN

Co-CIAT: An Environment for Collaborative Modeling in CIAN Notation

Yoel Arroyo

Departamento de Tecnologías
y Sistemas de la Información
Facultad de Ciencias Sociales/UCLM
Talavera de la Reina, Toledo
España
Yoel.Arroyo@uclm.es

Ana Isabel Molina

Departamento de Tecnologías
y Sistemas de la Información
Escuela Superior de Informática/UCLM
Ciudad Real, España
AnaIsabel.Molina@uclm.es

Miguel Ángel Redondo

Departamento de Tecnologías
y Sistemas de la Información
Escuela Superior de Informática/UCLM
Ciudad Real, España
Miguel.Redondo@uclm.es

Recibido: 07.10.2022 | Aceptado: 30.11.2022

DOI: <https://doi.org/10.65234/interaccion.73>

Palabras Clave

CSCW
MDD
groupware
modelado
diseño
awareness

Resumen

Este artículo presenta Co-CIAT, un editor gráfico colaborativo para la especificación de sistemas de trabajo en grupo usando la notación CIAN. En el artículo se describe el proceso de creación de Co-CIAT, como ejemplo de aplicación del método de desarrollo dirigido por modelos Learn-CIAM, que ha permitido la generación semiautomática de este editor colaborativo. El proceso de generación no sólo soporta la obtención del editor gráfico, sino también la incorporación de los mecanismos de *awareness* y otros componentes de coordinación y comunicación, necesarios para soportar este tipo de tareas grupales. Co-CIAT, al ser una herramienta *online* permite, a cualquier equipo multidisciplinar, trabajar sin la necesidad de reservar espacios, realizar desplazamientos, etc., lo cual reduce en una reducción de costes.

Keywords

CSCW
MDD
groupware
modeling
design
awareness

Abstract

This article introduces Co-CIAT, a collaborative graphical editor for the specification of group work systems using the CIAN notation. The article describes the creation process of Co-CIAT, as an example of the application of the Learn-CIAM *model-driven development* method, which has allowed the semi-automatic generation of this collaborative editor. The generation process not only supports obtaining the graphical editor, but also the incorporation of *awareness* mechanisms and other coordination and communication components, necessary to support this kind of group tasks. Co-CIAT, being an *online* tool, allows any multidisciplinary team to work without the need to reserve spaces, to commute, etc., which results in costs reduction.

1. Introducción

En 1984, se introduce por primera vez el término Trabajo Cooperativo Asistido por Computador (*Computer Supported Cooperative Work*, CSCW), por Irene Greif y Paul Cashman (Greif, 2019). Desde entonces y hasta la fecha, el enfoque CSCW ha permitido estudiar el funcionamiento básico del trabajo cooperativo, así como implantar las bases teóricas y métodos de soporte al diseño de los sistemas que le dan soporte (*groupware*) (Bullinger-Hoffmann et al., 2021). Son muchas las ventajas reconocidas que ofrece el uso del enfoque CSCW y de los sistemas *groupware*. Los equipos, que pueden encontrarse físicamente dispersos, pero que trabajan en proyectos en los que la comunicación y colaboración es esencial, necesitan conectar, comunicarse y compartir

información con el resto de miembros del equipo. Gracias al uso de herramientas *groupware*, los integrantes de un equipo de trabajo pueden asistir a las sesiones de debate y trabajo en grupo desde su propio espacio físico de trabajo. El empleo de herramientas de soporte a la comunicación y colaboración distribuida reduce o elimina el tiempo y el coste de los desplazamientos, así como el coste de alquiler o compra de un área física de trabajo. A su vez, el espacio de almacenamiento de documentos, los costes de mantenimiento, y el tiempo de búsqueda de documentos, pueden reducirse significativamente (Hedjazi, 2018).

Los sistemas *groupware* resultarán eficientes en la medida en que sean capaces de reproducir y soportar de forma virtual las necesidades de comunicación, coordinación y compartición de

información que se dan en las sesiones presenciales de trabajo en grupo. Para ello, es necesario incorporar, a través de diferentes mecanismos visuales (*widgets* y componentes de la interfaz), información sobre el resto de los miembros del equipo y su actividad durante el desarrollo del trabajo grupal. La información suministrada a los equipos se apoya en la denominada consciencia de grupo (*awareness*) (Collazos et al., 2019), que resulta clave para la toma de decisiones, así como para la comunicación, colaboración y coordinación de los integrantes del grupo de trabajo. La aplicación eficiente del *awareness* requiere de mecanismos de visualización que faciliten la generación y la compartición de información, sin provocar una carga cognitiva adicional que dificulte y afecte negativamente el desarrollo de la actividad (Schnaubert & Bodemer, 2022).

Por su parte, el propio proceso de diseño de los sistemas *groupware* resulta complejo. Con el objetivo de dar soporte a la especificación de este tipo de aplicaciones se propuso la notación gráfica CIAN (Molina et al., 2013), soportada por la herramienta CIAT (Giraldo et al., 2009). CIAT es un editor gráfico que permite crear modelos en notación CIAN, y especificar así los requisitos de colaboración e interacción de los sistemas *groupware*. Sin embargo, el editor gráfico CIAT no es colaborativo. Teniendo en cuenta que el propio proceso de creación de modelos en esta notación puede realizarse de forma colaborativa, y posiblemente distribuida, se propone hacer evolucionar CIAT hacia una versión colaborativa, a la que se ha llamado Co-CIAT. En el proceso de desarrollo de la versión colaborativa de CIAT se aplicará un proceso de desarrollo dirigido por modelos para la obtención de sistemas de aprendizaje colaborativo, llamado Learn-CIAM (Arroyo et al., 2021). Learn-CIAM es una metodología creada con el objetivo de dar soporte a diseñadores, ingenieros y docentes, en la creación y generación semiautomática de sistemas colaborativos de aprendizaje (*Computer-Supported Collaborative Learning*, CSCL) (Hmelo-Silver & Jeong, 2021). Consta de dos fases diferenciadas: una primera fase, que da soporte a la generación de distintos editores gráficos independientemente del dominio de entrada (consistente en un conjunto de nodos y enlaces, que componen los diagramas); y una segunda fase, que genera e incorpora componentes para obtener los sistemas colaborativos de aprendizaje finales.

El objetivo de este trabajo es el de dotar a los distintos implicados (*stakeholders*) en el diseño de sistemas *groupware*, que hagan uso de la notación CIAN, de una herramienta (Co-CIAT) de creación colaborativa de modelos en esta notación. En este artículo se describe el proceso de obtención de esta aplicación, que se beneficia del enfoque CSCW, e incorpora una serie de características de *awareness* que han sido evaluadas y utilizadas en trabajos anteriores. En su creación se han seguido las diferentes etapas de las que consta la primera fase de la metodología Learn-CIAM, la cual, tal y como se comentó anteriormente, permite obtener editores gráficos

independientes del dominio de entrada (y no necesariamente de aprendizaje, que se aborda en la segunda fase de dicha metodología).

Este artículo se estructura como sigue. En el apartado 2 se describen algunos trabajos relacionados o herramientas existentes que permiten trabajar o generar editores gráficos colaborativos. El apartado 3 describe el proceso de creación del editor gráfico Co-CIAT, introduciendo, en primer lugar, la metodología, la notación, así como las tecnologías y herramientas que han servido de base a su desarrollo. Por último, se enumeran las conclusiones extraídas de este trabajo, y las líneas de continuación del mismo.

2. Trabajos relacionados

Contar con un entorno colaborativo de modelado facilita a los miembros de un equipo de trabajo compartir información y coordinar sus actividades en el contexto de un proyecto de diseño conjunto (Bullinger-Hoffmann et al., 2021; Di Ruscio et al., 2017), pudiendo, además, interactuar de manera distribuida en la construcción de un modelo o artefacto, de acuerdo con la especificación de un objetivo o de una tarea concreta (Bucchiarone et al., 2021).

En la literatura existen numerosas aportaciones y herramientas colaborativas, de distinta índole, que abordan el modelado en grupo. Nuestro interés se centrará en aquellas que incorporen un conjunto amplio de características de soporte al *awareness*, así como de componentes de comunicación y coordinación y que, a su vez, admitan diferentes dominios gráficos, es decir, permitan el diseño de diferentes tipos de diagrama. En concreto, y puesto que se pretende soportar el trabajo colaborativo en tiempo real (al mismo tiempo), se estaría hablando de *herramientas de modelado colaborativo síncrono*. Debido a que existe una gran variedad de este tipo de herramientas, se pasa a describir, a continuación, algunas de las más relevantes encontradas en la literatura y que se alinean con la consecución de nuestros objetivos.

HAMSTERS (*Human-centered Assessment and Modeling to Support Task Engineering for Resilient Systems*) (Martinie et al., 2015) es un editor de modelado gráfico para la edición de diagramas de tareas basados en la notación CTT (*ConcurTaskTrees*) (Paternò, 2003), que incluye, sobre la base de esta notación, nuevos conceptos relacionados con la identificación de posibles errores humanos y como prevenirlos. Los autores, Koller et al. (Koller et al., 2016), han trabajado en una versión colaborativa, que incorpora la funcionalidad necesaria para que los usuarios puedan comunicarse, como es la inclusión de un *chat*, así como algunos mecanismos de *awareness*, tales como la posibilidad de añadir notas o realizar comentarios sobre las tareas (indicando el usuario que las añade), además de un historial de cambios en el que quedan

registradas las modificaciones realizadas por cada usuario en el diagrama. Sin embargo, la versión colaborativa de esta aplicación se encuentra en desarrollo y sólo existe un prototipo de la misma. Por otra parte, permite trabajar de forma colaborativa en un único dominio específico, el de los diagramas de tareas CTT ampliado.

*Obeo Designer*¹ es la versión colaborativa profesional (no libre) de *Sirius*², un entorno de modelado gráfico de sistemas complejos (*software*, actividades empresariales, etc.). Su versión colaborativa aplica un enfoque basado en la nube para la compartición de los modelos y toda la información relacionada con ellos. Sin embargo, este sistema no incluye un adecuado soporte al *awareness*, y se limita a proporcionar cierto control sobre el contexto compartido, mediante el bloqueo de regiones, evitando conflictos a la hora de modificar y compartir los modelos.

AToMPM³ (*A Tool for Multi-Paradigm Modeling*) (Syriani et al., 2013) es un entorno de modelado colaborativo de código libre, que se puede utilizar desde el navegador *web*, lo cual evita problemas de portabilidad entre plataformas o dispositivos. AToMPM es una evolución, y sucesor directo, de su homónimo monousuario, AToM3 (De Lara & Vangheluwe, 2002). Se trata de un entorno que permite generar diferentes sistemas de modelado para dominios específicos, además de facilitar la transformación, manipulación y mantenimiento de los modelos, e incluso la generación de código a partir del diseño realizado por el usuario en las etapas finales del desarrollo. Para ello se apoya en la nube, donde se almacena toda la información para la compartición de información entre los usuarios. Sin embargo, al igual que *Obeo Designer*, también basada en la nube, únicamente da soporte a la compartición de los modelos, pero no incorpora mecanismos adecuados de *awareness*.

SpacEclipse (Gallardo et al., 2012) es una evolución de la herramienta de modelado *Space-Design* (Duque et al., 2008), creada como *plug-in* de *Eclipse*, que permite la generación semiautomática de sistemas colaborativos síncronos de modelado. Este sistema es una de las herramientas más interesantes y potentes de las analizadas, ya que facilita la generación de editores gráficos colaborativos independientes del dominio. Además, incorpora un gran número de características y mecanismos de *awareness*, así como otros componentes para la comunicación y la coordinación síncrona, que no incluyen las herramientas anteriormente comentadas. De hecho, *SpacEclipse* ha sido adaptada, mejorada y ampliada en trabajos más recientes (Arroyo et al., 2019, 2021), como parte de la metodología Learn-CIAM, lo cual pone de

manifiesto que se trata de una herramienta potente y muy flexible.

En la Tabla 1 se muestra una comparativa de algunas de las características más relevantes de cada una de las herramientas analizadas, indicando: 1) la plataforma de destino; 2) el dominio gráfico con el que permite trabajar (que podrá ser uno en concreto o personalizado), y si permite crear dominios de modelado según la necesidad del diseñador; 3) si contempla características de *awareness* (en mayor o menor medida, es decir, si incluye un soporte a esta característica bastante rico o completo, o por el contrario, escaso o parcial); y 4) si incorpora *widgets* o componentes de soporte a la coordinación y la comunicación (como *chats*, paneles de sesión, etc.).

Tabla 1: Herramientas de modelado colaborativas y principales características

Entorno colaborativo	Plataforma	Dominio	Awareness ⁴	Colab. (Widgets)
HAMSTERS	NetBeans	CTT ampliado	√	Sí
Obeo Designer	Web	Personalizado	~	No
AToMPM	Web	Personalizado	~	No
SpacEclipse	Eclipse	Personalizado	√	Sí

— Pese a que la tendencia actual es la generación de sistemas multiplataforma basados en la nube, como ocurre con *Obeo Designer* o AToMPM, tal y como se ha visto, existen propuestas validadas e implementadas sobre la plataforma *Eclipse*. El uso de plataformas modulares y basadas en *plug-ins*, como *Eclipse*, juega un papel importante en la creación de herramientas de modelado colaborativas, gracias a los *frameworks* de modelado y generación de editores gráficos que incorpora. A su vez, el uso de entornos integrados de desarrollo (*Integrated Development Environment*, IDE) flexibles y ágiles, como *Eclipse*, en los que el usuario pueda añadir, personalizar o eliminar funcionalidades y vistas del entorno de modelado según sus necesidades, facilita la adaptación del entorno colaborativo a los requisitos específicos del proyecto y de la organización. Además, este IDE es un entorno de desarrollo multiplataforma contrastado, profesional y de largo recorrido, que permite a los diseñadores trabajar sobre distintos sistemas operativos.

Por tanto, de los entornos descritos, el que mejor se adapta a nuestras necesidades es la versión más reciente de *SpacEclipse* (Arroyo et al., 2019, 2021), ya que está implementada sobre la plataforma *Eclipse*, lo cual lo hace flexible y extensible, e incluye un conjunto de *widgets* de soporte a la colaboración y al *awareness* bastante completo.

¹ <https://www.obeodesigner.com/en/>

² <https://www.eclipse.org/sirius/>

³ <https://atompmp.github.io/>

⁴ Leyenda: (√) Soporte bastante rico o completo; (~) Soporte escaso o parcial

3. Co-CIAT: editor gráfico colaborativo

A continuación, se describe cada uno de los elementos, así como el proceso de creación de las distintas versiones o evoluciones, que constituyen la base del editor gráfico colaborativo final (Co-CIAT): (1) la notación gráfica soportada (CIAN) y la primera versión del editor gráfico (CIAT); (2) una nueva versión del editor gráfico monousuario, de soporte a la creación de modelos en dicha notación, pero que hace uso de tecnologías más actuales; (3) el editor gráfico colaborativo final (Co-CIAT), el cual ha sido generado utilizando como dominio de entrada la herramienta descrita en el apartado 3.2 (la versión más reciente del editor gráfico monousuario CIAT); y para finalizar, (4) una comparativa de los procesos y los aspectos metodológicos que han permitido generar cada una de las versiones.

3.1 Obtención del editor gráfico de partida (CIAT)

CIAM (*Collaborative Interactive Applications Methodology*) (Molina et al., 2008) es una metodología propuesta para facilitar el diseño de sistemas de trabajo en grupo. Surge con el objetivo de guiar a diseñadores e ingenieros *software* en la especificación conceptual de la capa de presentación (interfaz de usuario) de sistemas *groupware*. Dicha metodología es soportada por una herramienta, CIAT (*Collaborative Interactive Applications Tool*) (Giraldo et al., 2009), que permite crear modelos basados en la notación CIAN (*Collaborative Interactive Applications Notation*) (Molina et al., 2013). Ambas, notación y herramienta, se encuentran enmarcadas dentro de la metodología CIAM.

En el proceso de diseño de la capa de presentación de un sistema *groupware*, según la metodología CIAM, se ha de seguir una serie de fases/etapas (Molina et al., 2009): 1) *Especificación del sociograma*: en esta fase se debe modelar la estructura de la organización (sus actores, roles, agrupaciones, etc.); 2) *Modelado del Proceso*: en esta fase se detallan las principales tareas (o procesos) individuales y en grupo, así como los participantes en cada una de ellas; 3) *Modelado de responsabilidades*: en esta etapa se modelan las responsabilidades individuales y compartidas entre los implicados; 4) *Modelado de las tareas en grupo*: en esta fase se describen, con mayor nivel de detalle, las tareas en grupo (colaborativas y cooperativas) identificadas en la etapa anterior; y 5) *Modelado de la interacción*: en esta última etapa se modelan los aspectos más interactivos del sistema, haciendo uso de la notación CTT (*ConcurTaskTrees*) (Paternò, 2003).

En cada una de estas fases o etapas se crean distintos modelos o especificaciones gráficas, haciendo uso de la notación CIAN (Molina et al., 2013). El diseñador podría crear los modelos a mano, o utilizar alguna herramienta de dibujo convencional (*Microsoft Paint*, *PowerPoint*, etc.). Sin embargo, para facilitar esta labor, se creó un editor gráfico que permitiera (y a la vez

guiara) a los diseñadores en la creación de las especificaciones que propone CIAM y en el uso de su notación. Este editor gráfico es CIAT (Giraldo et al., 2009).

La primera versión de CIAT se creó siguiendo el paradigma de desarrollo dirigido por modelos (*Model-Driven Development*, MDD), apoyándose en el marco de desarrollo EMF/GMF (*Eclipse/Graphical Modeling Framework*). EMF/GMF es un marco que facilita la creación y mantenimiento de los modelos necesarios para la generación de editores gráficos en Eclipse. Para ello, incorpora un diagrama de bloques predefinido, que sirve de guía en todo el proceso. Este diagrama fue utilizado para la generación semiautomática del editor gráfico CIAT (Figura 1), que pasó por los siguientes pasos (en cada uno de los cuales se generaron distintos ficheros):

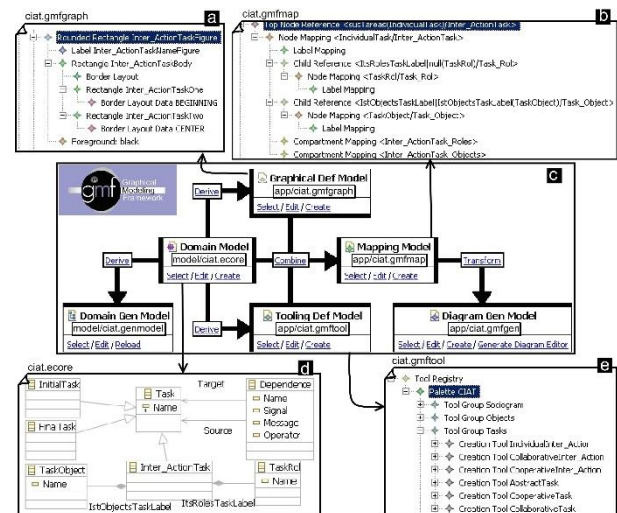


Figura 1: Proyecto EMF/GMF y su uso para generar el editor gráfico CIAT (extraído de (Giraldo et al., 2009))

1. *Especificación del modelo gráfico*: modelo que sirve para definir la estructura gráfica de cada uno de los nodos y enlaces, basados en la notación CIAN. Se corresponde con un primer boceto del aspecto visual que debería tener cada uno de los nodos y enlaces que soportará el editor gráfico.
2. *Especificación del modelo de dominio*: modelo de dominio que describe cada uno de los nodos y enlaces de la notación soportado por el editor gráfico, atendiendo al boceto creado en 1. Se corresponde con la creación de dos ficheros: el modelo de dominio, con extensión *'ecore'* (Figura 1.d); y el modelo gráfico, con extensión *'gmfgraph'* (Figura 1.a).
3. *Especificación de la paleta del editor*: modelo necesario para la especificación del conjunto de nodos y enlaces que deben estar disponibles en la paleta del editor gráfico. Se corresponde con un fichero con extensión *'gmftool'* (Figura 1.e).
4. *Implementación del modelo de mapeo*: modelo necesario para relacionar cada uno de los nodos y

enlaces especificados en los modelos anteriores: dominio, gráfico y paleta del editor; de manera que se pueda, por ejemplo, arrastrar y crear el nodo o enlace correspondiente al hacer *drag & drop* desde la paleta hacia el área de edición (*canvas*). Se corresponde con la creación de un fichero con extensión '*gmfmap*' (Figura 1.b).

Una vez creados todos los modelos enumerados, es suficiente con lanzar el proceso de generación automático para obtener el editor gráfico en forma de *plug-in* de *Eclipse*. Como se puede apreciar, son varios los modelos y especificaciones a crear, con la complejidad que este proceso conlleva, no solo por su definición, si no por posibles necesidades de mantenimiento y/o actualización de los mismos. La nueva versión de CIAT, y que sirve como dominio de entrada para el editor gráfico colaborativo Co-CIAT, ha sido generada utilizando un proceso simplificado, más actual, y que se describe en el siguiente apartado.

3.2 Creación de la nueva versión del editor gráfico monousuario CIAT

La nueva versión de CIAT se creó siguiendo también un proceso de desarrollo dirigido por modelos, pero utilizando un conjunto de tecnologías, herramientas y lenguajes que simplifican significativamente el proceso de generación automática. Tanto para la generación como posterior uso del nuevo editor gráfico, es necesario disponer de las siguientes tecnologías y herramientas en el entorno de desarrollo *Eclipse*:

1. *Paquete Eclipse Modeling Tools*⁵: entorno de desarrollo necesario para la generación y uso del editor gráfico en forma de *plug-in* de *Eclipse*. Incluye un conjunto predefinido de *plug-ins* de soporte al paradigma de desarrollo dirigido por modelos.
2. *Epsilon*⁶: familia de lenguajes y de herramientas de soporte a la automatización de tareas comunes dentro del paradigma de desarrollo dirigido por modelos en *Eclipse*, tales como la generación de código, la transformación entre modelos, y la validación de los mismos (a partir de modelos EMF, UML, *Simulink* o XML, entre otros). Incluye a su vez la herramienta *Eugenia*, que sustituye al diagrama de bloques descrito en el apartado anterior. Esta herramienta es capaz de generar, a partir de un único fichero de dominio, cada uno de los ficheros mencionados anteriormente (*.ecore*, *.gmfgraph*, *.gmftool*, *.gmfmap*).
3. *Editor Emfatic*⁷: editor de texto de soporte a la navegación, edición, y conversión de modelos *Ecore*,

que utiliza una sintaxis compacta y más legible, muy similar a la del lenguaje de programación Java (y en concreto, al lenguaje *Emfatic*⁸).

4. *QVTo (Query/View/Transformation) Operational*⁹: *plug-in* que, junto a los lenguajes de *Epsilon* y la herramienta *Eugenia*, es capaz de realizar transformaciones *modelo-a-modelo* complejas.

Una vez se dispone del conjunto de tecnologías y herramientas anterior, el proceso de diseño y generación puede comenzar. En la elaboración del nuevo editor gráfico se han seguido los pasos descritos en la primera fase de la metodología Learn-CIAM (Arroyo et al., 2021). Pese a que Learn-CIAM es una metodología enfocada en el desarrollo de sistemas colaborativos de aprendizaje, fue diseñada en dos fases diferenciadas al detectarse que la primera de ellas podría ser independiente del dominio. Esta fase se compone de varias etapas (Figura 2), que se siguieron en la generación del nuevo editor gráfico:

1. *Especificación informal*: modelo que sirve para diseñar el aspecto de cada uno de los nodos y enlaces que debe soportar posteriormente el editor. Se corresponde con un boceto inicial del aspecto visual de cada uno de estos elementos. En este trabajo, se corresponde con el boceto de los componentes gráficos de la notación CIAT que se podrán crear usando el editor.
2. *Modelado del dominio*: modelo de dominio que incluye cada uno de los nodos y enlaces, así como sus relaciones, atendiendo al diseño especificado en 1. En este trabajo, se corresponde con un único fichero en lenguaje *Emfatic* (*CIAT.emf*), que recoge toda esta información.
3. *Personalización del editor gráfico*: una vez que se dispone del modelo de dominio, es posible generar el editor gráfico de manera automática. En el caso de que el resultado final no sea el deseado, se puede aprovechar la potencia que ofrece el paquete *Epsilon* para crear un fichero de personalización adicional (con extensión '*.eol*', en lenguaje *EOL*), que permite modificar el aspecto por defecto del editor. En este trabajo, se ha generado un fichero de personalización, denominado *Ecore2GMF.eol*, para mejorar el aspecto de la paleta, así como de algunos de los nodos, que requerían una estructura visual diferente, y más compleja, a la proporcionada por defecto.

⁵ *Paquete Modeling Tools*:
<https://www.eclipse.org/downloads/packages/release/2022-03/r/eclipse-modeling-tools>

⁶ [Eclipse URI] <http://download.eclipse.org/epsilon/updates/2.4/>

⁷ [Eclipse URI] <https://download.eclipse.org/emfatic/update/>

⁸ Lenguaje *Emfatic*: <https://www.eclipse.org/modeling/emft/emfatic/>

⁹ [Eclipse URI]

<https://download.eclipse.org/mmt/qvto/updates/releases/3.4.0>

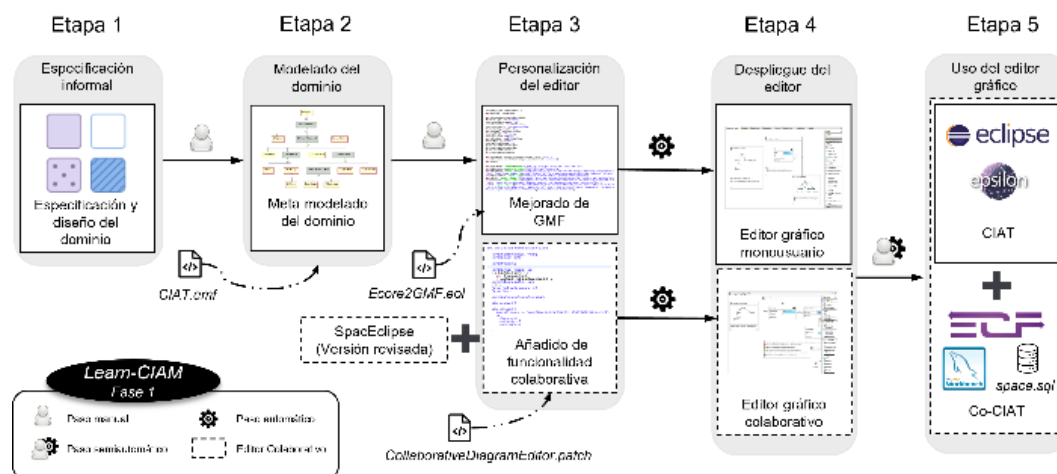


Figura 2: Proceso de generación de un editor gráfico aplicando la metodología Learn-CIAM (Fase 1)

4. *Despliegue del editor gráfico*: etapa correspondiente al despliegue del editor gráfico generado (ejecutable para su instalación en diferentes instancias del entorno Eclipse).
5. *Uso del editor gráfico*: como su propio nombre indica, se corresponde con el uso del editor gráfico generado, previa instalación del mismo.

La Figura 3 muestra una comparativa de las tecnologías utilizadas en cada uno de los procesos de generación, EMF/GMF y *Eugenia*, respectivamente. Si atendemos al proceso EMF/GMF, se distinguen dos procesos internos, uno correspondiente al *framework* EMF, encargado de generar e implementar la sintaxis abstracta, y otro correspondiente a GMF, encargado de generar la sintaxis gráfica concreta del editor.

Para comenzar el proceso, el desarrollador debe definir la sintaxis abstracta a través de un metamodelo *Ecore*. Inmediatamente después, se realiza una primera transformación *modelo-a-modelo* para obtener el modelo generador EMF (*GenModel*). Este modelo contiene información de bajo nivel que especifica cómo debe ser implementado finalmente el metamodelo en código Java (p. ej., el paquete Java sobre el que el código debe ser generado, información sobre *copyright* que deba ser ligada a los ficheros generados, etc.). Finalmente, este modelo sufre una última transformación *modelo-a-texto* en la que se genera el código Java final y los ficheros de configuración. Si el metamodelo *Ecore* es modificado en mitad del proceso, EMF incorpora un generador que puede detectar los cambios y propagarlos a su correspondiente modelo generador *GenModel* sin sobrescribir las personalizaciones definidas por el usuario. Sin embargo, este resulta efectivo sólo cuando se producen cambios simples sobre el metamodelo (p.

ej., añadir un nuevo atributo a una clase ya definida en el metamodelo).

Cuando se producen cambios de mayor complejidad, como mover una clase a un paquete diferente, el modelo *GenModel* deberá ser regenerado desde cero, siendo necesario volver a realizar las personalizaciones manualmente. Esto supone un proceso de mantenimiento complejo para los desarrolladores, que además nunca terminan de tener claro qué cambios se sobrescribirán sobre los metamodelos automáticamente sin dar problemas y cuales, por el contrario, deteriorarían todo el trabajo realizado hasta ese momento. Por ello, en la práctica, es habitual que los desarrolladores tengan que escribir documentos de mantenimiento de apoyo, en los que dejar constancia de los cambios que causan una u otra situación para saber cómo reaccionar en el futuro. Además, una vez el metamodelo *Ecore* ha sido definido y el código EMF ha sido generado, el desarrollador debe construir tres modelos adicionales, específicos de GMF, necesarios para implementar el lenguaje de soporte al editor gráfico (sintaxis concreta). Estos modelos se corresponden con los mencionados previamente (Figura 1), es decir: el modelo de gráficos (*.gmfgraph*), el modelo de herramientas (*.gmftool*), y el modelo de mapeo (*.gmfmap*).

Como se puede observar en la Figura 3, el modelo de mapeo sufre una transformación *modelo-a-modelo* y genera el modelo *GMFGen*, que contiene la información de bajo nivel que necesita el generador de código GMF para producir finalmente la sintaxis concreta que define al editor gráfico (código Java y ficheros de configuración).

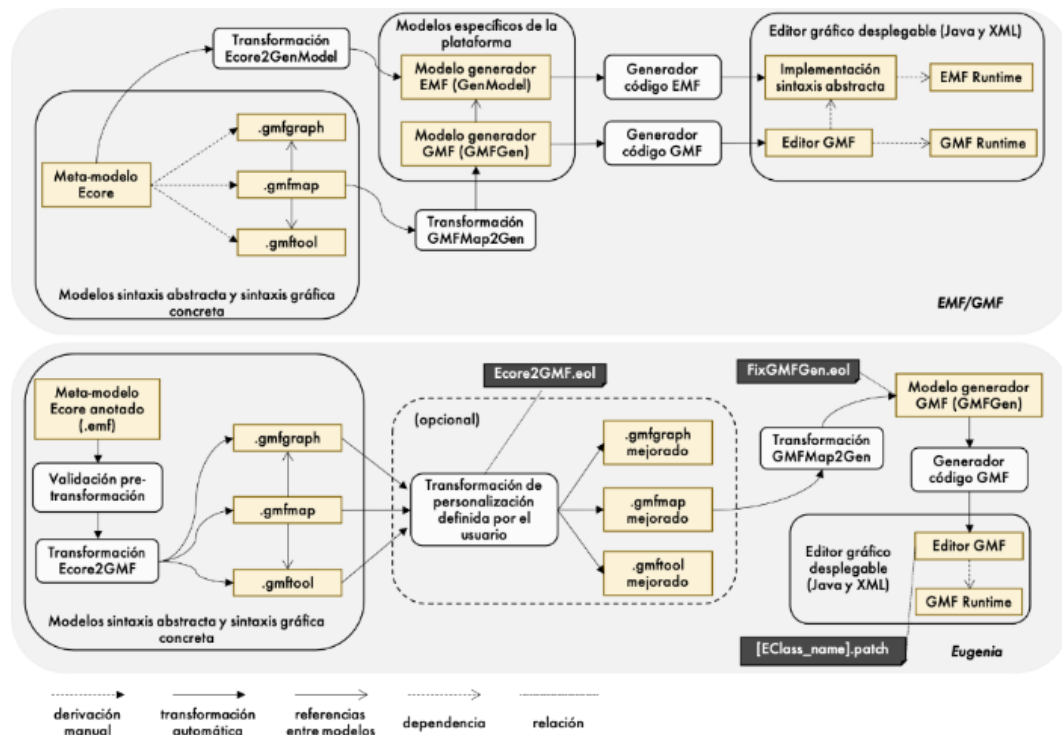


Figura 1. Comparativa de los procesos de desarrollo de editores gráficos al usar las opciones tecnológicas EMF/GMF y Eugenia

Pese a que, en términos de automatización, GMF incorpora el diagrama de bloques como asistente (Figura 1), se ha demostrado que los modelos generados no resultan demasiado eficientes, incluso para dominios simples. Como resultado, el desarrollador debe crear a mano estos modelos de bajo nivel usando unos editores en forma de árbol (Figura 1). Además, a la complejidad de crear estos modelos a mano, hay que añadir: 1) la poca información relacionada con los errores que GMF arroja en la consola; y 2) que al contrario que EMF, GMF no aporta ni siquiera un generador que permita realizar cambios a mitad del proceso y sobrescriba el editor generado, por lo que obliga a los desarrolladores a empezar desde cero y añadir los cambios manualmente, incluso para generar editores con los dominios más simples. Por tanto, implementar y mantener un editor gráfico usando EMF/GMF resulta un proceso bastante laborioso, principalmente para aquellos desarrolladores sin experiencia previa con esta tecnología. En ocasiones, incluso los desarrolladores expertos podrían llegar a desechar el uso de esta tecnología ante un proceso tan manual y repetitivo.

Eugenia surge con la clara intención de automatizar aún más este proceso, y hacerlo más transparente, sencillo y directo para los desarrolladores. Si atendemos nuevamente a la Figura 3, *Eugenia* supone un proceso de desarrollo simplificado que facilita la labor de los desarrolladores usando varios lenguajes de alto nivel y un único metamodelo anotado como artefacto de entrada. A partir de este metamodelo, se produce una serie de transformaciones automáticas *modelo-a-modelo* con las que es posible obtener los modelos específicos de la plataforma requeridos por los generadores de código EMF/GMF, de una

manera consistente y repetible, para finalmente, acabar generando el editor gráfico deseado.

La principal novedad de *Eugenia* es la incorporación de nuevas transformaciones y la posibilidad de realizar personalizaciones usando lenguajes de alto nivel sobre los artefactos principales del proceso anterior (EMF/GMF). Para ello, el metamodelo *Ecore* debe extenderse con las anotaciones propias de *Eugenia* para poder iniciar el proceso de generación automática. Estas anotaciones se escriben en código *Emfatic*, y se organizan en seis categorías principales:

- *@gmf.diagram*: anotaciones que sirven para especificar las propiedades del diagrama, tales como el tipo del elemento raíz del modelo, la extensión del fichero del editor gráfico, y si el editor debe ser exportado como *plug-in* o aplicación Java independiente (*standalone*).
- *@gmf.node*: anotaciones utilizadas para indicar qué elementos de la sintaxis abstracta deben representarse como nodos (vértices) en la sintaxis gráfica, y especificar su forma, color, tamaño, etiqueta, etc.
- *@gmf.link*: anotaciones que sirven para indicar qué elementos de la sintaxis abstracta deben ser representados como enlaces en la sintaxis gráfica, y especificar su grosor, color, estilo, flechas, etiquetas, etc.
- *@gmf.compartment*: anotaciones usadas para indicar qué nodos pueden contener otros nodos de la sintaxis gráfica de forma anidada (p. ej., en la sintaxis

concreta de un diagrama UML, los atributos se encuentran dentro de una clase).

- *@gmf.affixed*: anotaciones que sirven para indicar qué nodos pueden adjuntarse al borde de otros nodos de la sintaxis gráfica (p. ej., en un diagrama BPMN 2.0. los eventos suelen adjuntarse a los bordes de las actividades).
- *@gmf.label*: anotaciones utilizadas para especificar etiquetas adicionales para un nodo concreto.

```
@gmf.diagram()
class CIATDiagram {
    val Sociogram[*] itsSociograms;
    val ProcessDiagram[*] itsProcessDiagrams;
    val DomainDiagram[*] itsDomainDiagrams;
    val CTTDiagram[*] itsCttDiagrams;
    val Link[*] itsLinks;
}

.....

@gmf.node(label="name",
tool.small.bundle="org.chico.ciat.figures",
tool.small.path="images/Sociogram.gif")
class Sociogram {
    attr String name;
    @gmf.compartment(layout="free", collapsible="false")
    val SociogramNode[*] itsSociogramNodes;
}

.....

abstract class DependencyElement {}

class Dependency extends Link {
    ref DependencyElement[1] source;
    ref DependencyElement[1] target;
}

@gmf.link(label="eLabel", source="source", target="target",
style="solid", width="1", color="0,0,0",
tool.small.bundle="org.chico.ciat.figures",
tool.small.path="images/EnablingTransition.gif",
source.constraint="self <> oppositeEnd", target.constraint="self
<> oppositeEnd")
class Enabling extends Dependency {
    readonly attr String eLabel = ">>";
}
```

Listado 1: Porción de código extraída de CIAT.emf (Figura 2)

Una vez anotado, y tras ser validado previamente en busca de errores, el metamodelo principal sufre una primera transformación (*ECore2GMF*). Esta transformación es la encargada de generar automáticamente, a raíz de la conjunción de la sintaxis abstracta (metamodelo) y concreta (anotaciones), los modelos de gráficos, herramientas y mapeo correspondientes.

En aquellas ocasiones en las que el editor gráfico posea un dominio más complejo, *Eugenia* ofrece la posibilidad de realizar una transformación adicional, con la que modificar manualmente, de una manera más sencilla, los modelos anteriores. Para ello, el desarrollador deberá crear un fichero con el nombre exacto '*ECore2GMF.eol*'. Básicamente, lo que el desarrollador debe procurar es, usando el lenguaje *EOL*, definir una serie de instrucciones que permitan modificar los modelos anteriores y mejorar así el aspecto del editor gráfico

final. Dicho de otra forma, el desarrollador puede realizar modificaciones directamente sobre los modelos cuando las anotaciones básicas de *Eugenia* no resulten ser suficiente para generar el aspecto del editor gráfico deseado. A su vez, *Eugenia* añade la posibilidad de, a partir de la definición de otro fichero escrito en lenguaje *EOL*, denominado *FixGMFGen.eol*, incluir código externo y enlazarlo al editor. Este fichero suele ser útil, por ejemplo, para enlazar de una manera rápida y sencilla el proyecto que contenga las figuras que serán utilizadas en el editor gráfico. Por último, *Eugenia* también ofrece la posibilidad de, al editor ya generado en código Java y XML (ficheros de configuración), aplicar parches (*.patch*) de manera automática que modifiquen el código. Por ejemplo, puede ser necesario acercar el texto de la etiqueta externa de los nodos del editor o, como se describirá más adelante en este mismo texto, incorporar código fuente capaz de incorporar la funcionalidad colaborativa.

Eugenia supone, por tanto, una opción más intuitiva y flexible que sus predecesores. Permite trabajar con lenguajes de alto nivel de abstracción de una manera más sencilla y transparente que la tecnología EMF/GMF, aporta más opciones de personalización para la generación automática del editor, y facilita el proceso de mantenimiento al ser capaz de, a través de un único fichero anotado y una serie de ficheros *EOL* más manejables, generar editores gráficos de mayor calidad y complejidad. Además, *Eugenia* ha resultado validada (Kolovos et al., 2017) y bien recibida por la comunidad *MDE* de *Eclipse*, existiendo evidencias de su uso en entornos académicos como la Universidad de Cádiz y la Universidad de York en cursos de máster de Ingeniería Informática, e incluso en entornos industriales y de investigación.

Esta simplificación puede apreciarse aún más en sistemas como el nuevo editor gráfico generado. El único fichero que se ha tenido que crear, de manera adicional, ha sido el fichero de personalización *Ecore2GMF.eol*. Como se ha descrito anteriormente, al no ser necesario crear cada uno de los modelos de manera manual, es suficiente con revisar el elemento que se desee personalizar en el modelo correspondiente para, a continuación, especificar las modificaciones visuales necesarias en el fichero de personalización. En las Figuras 4 y 5 se muestra, a modo de ejemplo, cómo se ha modificado el aspecto de uno de los nodos del editor gráfico (Figura 4), como el orden de los elementos de la paleta del editor gráfico (Figura 5), haciendo uso del fichero de personalización.

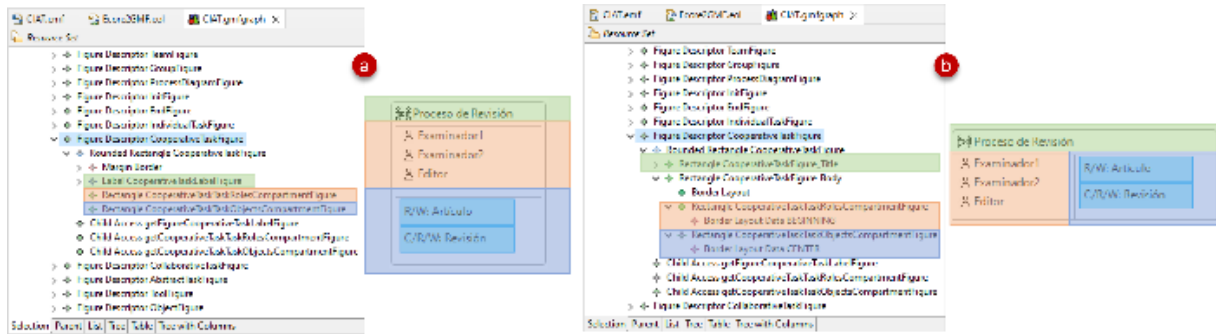


Figura 4: Nodo de una actividad cooperativa (CIAN) sin personalizar (a) y personalizado (b)

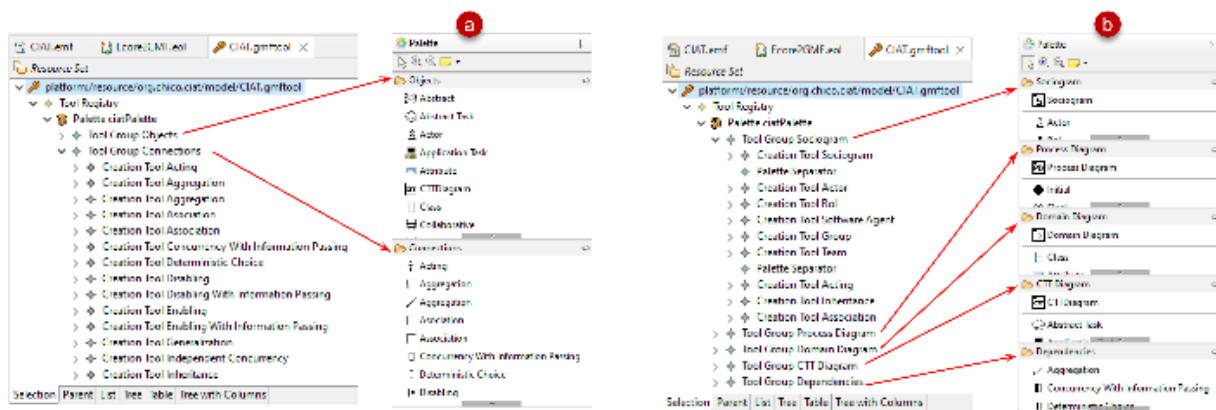


Figura 5: Paleta del editor CIAT sin personalizar (a) y personalizada (b)

3.3 Proceso de generación del editor colaborativo síncrono (Co-CIAT)

Aplicando la primera fase de la metodología Learn-CIAM, fue posible incorporar el soporte colaborativo a la última versión del editor gráfico monousuario (obtenido como resultado de los pasos indicados en el apartado 3.2). Para ello, de nuevo, fue necesario disponer de una serie de tecnologías y herramientas instaladas en el entorno:

1. *SpacEclipse (versión revisada)*: *plug-in* de Eclipse de soporte a la metodología de idéntico nombre (Gallardo et al., 2013), que da soporte a la generación de editores gráficos colaborativos independientes del dominio. Los editores gráficos colaborativos generados incluyen una serie de mecanismos de *awareness* y *widgets* de soporte al diseño colaborativo.
2. ECF (*Eclipse Communication Framework*)¹⁰: conjunto de *frameworks* que permite configurar las comunicaciones entre un servidor y los distintos clientes de un sistema o servicio determinado. Es el *plug-in* necesario para soportar la comunicación entre distintas instancias cliente de Co-CIAT, y así, permitir trabajar de forma colaborativa.

3. *MySQL Workbench*¹¹ y *MySQL Server*¹²: herramientas para arquitectos y diseñadores de bases de datos. Proporcionan capacidad para el modelado de datos y consultas en lenguaje SQL (*Structured Query Language*), así como una serie de herramientas para la configuración de servidores, administración de usuarios, copias de seguridad, y otras funcionalidades de soporte adicionales. Es, por tanto, el conjunto de herramientas necesario para la implementación y configuración del servidor de soporte a la base de datos utilizada por Co-CIAT.

El proceso de generación de Co-CIAT se llevó a cabo siguiendo, nuevamente, la primera fase de Learn-CIAM (Arroyo et al., 2021) (Figura 2). En concreto, en la etapa de personalización, y como se ha mencionado previamente, existe la posibilidad de utilizar parches genéricos (archivos con extensión *'patch'*), con una sintaxis idéntica a los parches utilizados por *Git* para el control de versiones. En este trabajo se creó un parche (*CollaborativeDiagram Editor.patch*) (Listado 2) (Figuras 2 y 3), para incorporar la funcionalidad colaborativa necesaria durante el proceso de generación automática. La ventaja de este procedimiento es que supone un “camino de ida y vuelta”, ya que es posible

¹¹ MySQL Workbench:
<https://downloads.mysql.com/archives/workbench/>
¹² MySQL Server:
<https://dev.mysql.com/downloads/windows/installer/5.7.html>

¹⁰ [Eclipse URI] <https://download.eclipse.org/rt/ecf/3.13.2/site.p2/>

también (gracias a *Eugenia*) aplicar o deshacer estos cambios, pulsando tan solo un botón (Figura 6). De esta forma, el usuario final puede escoger entre utilizar la versión de la herramienta de modelado individual (CIAT) o la versión colaborativa (Co-CIAT), en cualquier momento.

```
diff --git
org.chico.ciat.diagram/src/ciat/diagram/part/CiatDiagramEditor.java
org.chico.ciat.diagram/src/ciat/diagram/part/CiatDiagramEditor.java
index f4c32c5..266a093 100644
---
org.chico.ciat.diagram/src/ciat/diagram/part/CiatDiagramEditor.java
+++
org.chico.ciat.diagram/src/ciat/diagram/part/CiatDiagramEditor.java

@@ -61,13 +80,18 @@
import ciat.diagram.navigator.CiatNavigatorItem;
+import spaceclipse.collab.CUtilities;
+import spaceclipse.collab.interfaces.ICollaborativeEditor;
+import spaceclipse.herramientas.UsuarioPanel;
+import spaceclipse.space.SpacEclipse;

-public class CiatDiagramEditor extends DiagramDocumentEditor
+implements IGotoMarker {
+public class CiatDiagramEditor extends DiagramDocumentEditor
+implements ICollaborativeEditor, IGotoMarker {

/**
 * @generated
@@ -89,6 +113,8 @@
 */
public CiatDiagramEditor() {
    super(true);
+    CUtilities.setEditor(this);
}

/**
@@ -297,6 +323,19 @@
getDiagramGraphicalViewer();
getDiagramGraphicalViewer().setContextMenu(provider);
getSite().registerContextMenu(ActionIds.DIAGRAM_EDITOR_
CONTEXT_MENU, provider, getDiagramGraphicalViewer());

+ org.eclipse.gmf.runtime.diagram.ui.parts.DiagramCommandStack stack
+= (org.eclipse.gmf.runtime.diagram.ui.parts.DiagramCommandStack) getComm
andStack();
.....
```

Listado 2: Porción de código extraída de
CollaborativeDiagramEditor.patch

Para llevar a cabo este proceso de generación, tal y como se muestra en la Figura 6, es necesario disponer en el espacio de trabajo de *Eclipse* de: 1) el conjunto de *plug-ins* que compone la nueva versión monousuario de CIAT; 2) la versión revisada de *SpacEclipse*; y 3) el parche colaborativo, listo para ser aplicado o no, a conveniencia del desarrollador.

Como se puede apreciar, el proceso es muy sencillo, una vez que el parche ha sido generado de manera correcta, pues es suficiente con seleccionar la opción deseada para incorporar o eliminar la funcionalidad colaborativa sobre el código fuente del editor monousuario. Por supuesto, si se quisiera o se considerara necesario lanzar el proceso de generación automático (completo), el parche sería aplicado durante dicho proceso de manera automática.

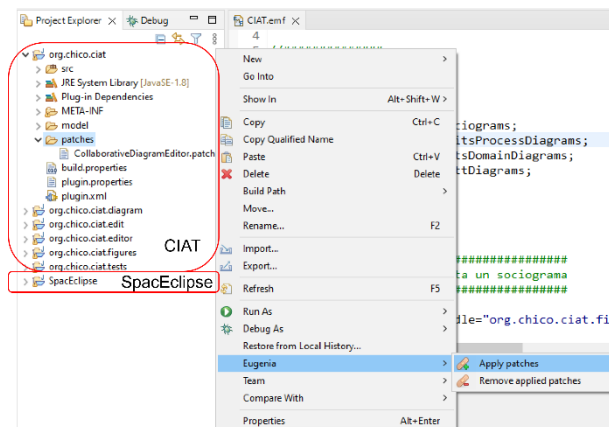


Figura 6: Co-CIAT y aplicación de parches

Una vez que se dispone del editor gráfico colaborativo, es necesario configurar un servidor de soporte a la base de datos (*script 'space.sql'*), que permita a los usuarios finales realizar acciones en Co-CIAT, tales como la creación de sesiones, la creación y actualización de usuarios, o conectarse a una sesión colaborativa de modelado, entre otras.

En la Figura 7 se muestra el aspecto final de la herramienta Co-CIAT. Tal y como se puede ver en la imagen, en la sesión colaborativa de modelado intervienen tres usuarios que hacen uso del editor gráfico de la notación CIAN. En el ejemplo se muestra el diagrama en esta notación (en concreto, el modelo de proceso) de un sistema de soporte a la gestión de los Trabajos Fin de Grado (TFG) de una Facultad. En el instante capturado los usuarios están discutiendo sobre la composición y elementos de este diagrama. En esta figura se pueden ver los principales componentes de la interfaz gráfica final de Co-CIAT, provenientes tanto del editor gráfico CIAT como del *plug-in SpacEclipse*. En el área central está el *canvas* o área de dibujo (Figura 7.a), en el que se puede ver los telepunteros de cada uno de los usuarios, identificados mediante un color distintivo. El resto del editor lo componen *widgets* y componentes colaborativos provenientes de *SpacEclipse*: panel de sesión (Figura 7.b), en el que aparecen los usuarios conectados a la sesión colaborativa; el chat estructurado (Figura 7.c), en el que se puede ver la conversación que están manteniendo los usuarios durante el proceso de diseño; y el panel de turnos (Figura 7.d), en el que los usuarios de la sesión pueden solicitar el turno para modificar el diagrama. Por último, es necesario indicar que también se incluyen distintas características y mecanismos *awareness*, que provienen de la versión revisada de *SpacEclipse*, tales como: 1) el uso de notificaciones textuales, para indicar quién está modificando el diagrama en un momento determinado (en este ejemplo se puede ver, desde la instancia de Co-CIAT del usuario Miguel, que el usuario Ana está “*editando...*” el diagrama); 2) sonidos, para avisar a los usuarios de que se ha producido un cambio de turno, en el cual se realiza además el correspondiente bloqueo del editor al resto de usuarios, evitando así posibles sobrescrituras; 3) uso de telepunteros y colores identificativos

para cada usuario conectado a la sesión; 4) uso de mensajes predeterminados en el *chat*; y 5) avatares únicos para cada usuario (que pueden modificar accediendo a su perfil, antes de unirse a la sesión colaborativa).

3.4 Discusión

La metodología Learn-CIAM (Arroyo et al., 2021) ha sido creada siguiendo el enfoque de desarrollo dirigido por modelos. Después de haber descrito cada uno de los procesos para la generación de los editores gráficos monousuario y colaborativo, se considera importante discutir, también, algunas diferencias metodológicas.

Al seguir un enfoque MDD, se ha tomado como base la arquitectura MDA (*Model-Driven Architecture*) en la generación de cada uno de los editores gráficos. Así, la Figura 8 presenta: a) la arquitectura MDA (Figura 8.a); b) la relación entre los modelos MDA y los modelos utilizados en la versión monousuario inicial (Figura 1); c) la relación entre los modelos MDA y los modelos y artefactos utilizados en la nueva versión monousuario (Figuras 2 y 3); y d) la relación entre los modelos MDA y los modelos y artefactos que intervienen en la generación de la versión colaborativa (Figuras 2 y 3).

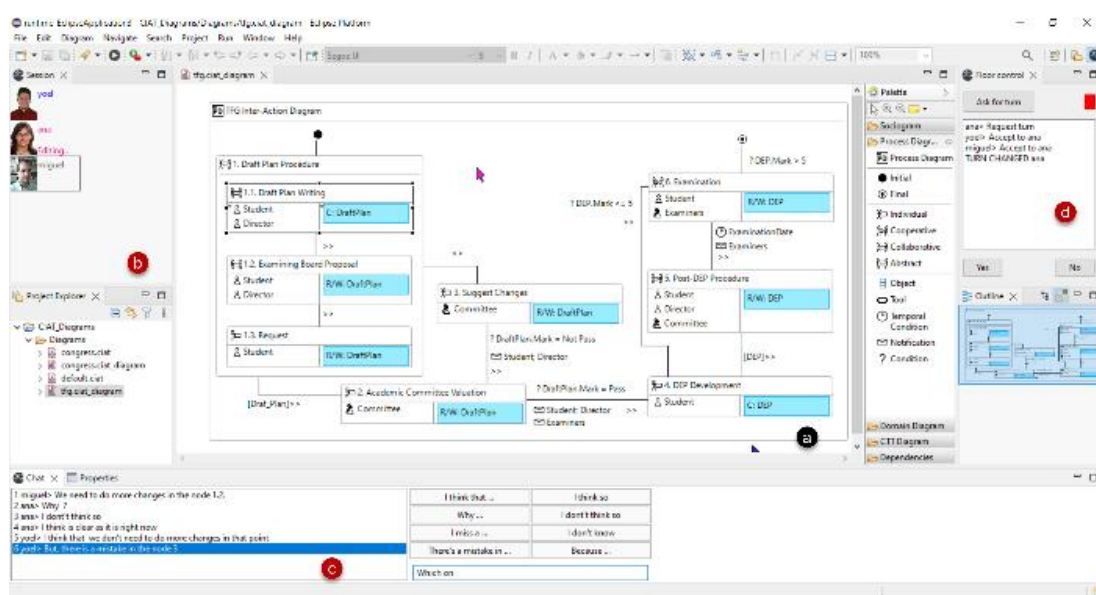


Figura 7: Interfaz de usuario colaborativa del editor gráfico Co-CIAT

Observando estos modelos, se pueden apreciar algunas diferencias:

- En la primera versión monousuario (Figura 8.b), el modelo abstracto (.ecore) y los modelos específicos de la plataforma (.gmfigraph, .gmftool, y .gmfmap) no sufren transformación alguna (concreción y/o abstracción). Esto se debe a la tecnología utilizada (EMF/GMF).
- En la nueva versión monousuario (Figura 8.c), sí se produce una primera transformación M2M (*Model-To-Model*), en la que se concreta el modelo abstracto (.emf) en tres modelos específicos de la plataforma (.gmfigraph, .gmftool, y .gmfmap). Esto confirma que la nueva metodología estaría simplificando este proceso (el usuario final debe crear y mantener menos modelos), provocado por la elección de la nueva tecnología (Eugenia).
- Por último, los procesos MDD de la nueva versión monousuario y la versión colaborativa son idénticos,

a excepción de la incorporación de la funcionalidad colaborativa a partir de un parche (.patch), encargado de unir el código final generado (.java) con el *plug-in* SpacEclipse (también en Java) (Figura 8.d).

En términos metodológicos, por una parte, se debe destacar el primer punto, es decir, la simplificación conseguida gracias a la elección de la nueva tecnología. A su vez, es necesario advertir que la metodología utilizada está diseñada para la generación semiautomática de editores gráficos independientemente del dominio. En este trabajo, enfocado en la presentación de una nueva herramienta colaborativa (Co-CIAT), y en su comparación con una herramienta existente previa (CIAT), resulta evidente que los lenguajes y entornos objetivo finales son los mismos, es decir, Java y Eclipse. Sin embargo, la metodología (Learn-CIAM) ha sido creada con el objetivo de permitir generar sistemas en lenguajes y entornos de distinta naturaleza. Por ejemplo, sería posible generar sistemas *web* multiplataforma. Para conseguir este hito, y observando nuevamente la Figura 8.d., sería necesario cambiar los artefactos utilizados en la última transformación M2T (*Model-*

To-Text), es decir, el parche y la restricción impuesta por el uso del *plug-in* SpacEclipse. Este trabajo, por tanto, también

pretende sentar las bases para poder alcanzar un mayor número de usuarios finales y dispositivos finales en trabajos futuros.

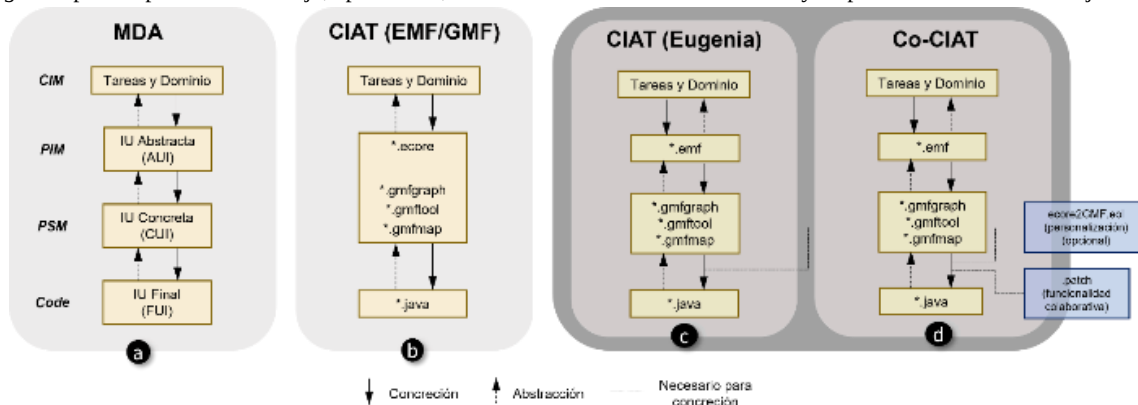


Figura 8: Comparativa MDD para la generación de los editores gráficos monousuario (CIAT) y colaborativo (Co-CIAT)

4. Conclusión

En este trabajo se ha descrito la evolución y proceso de generación de un editor gráfico colaborativo de soporte a la especificación de sistemas de trabajo en grupo en notación CIAN. Para ello, ha sido necesario generar una nueva versión del editor gráfico monousuario de partida (CIAT), utilizando un conjunto de tecnologías y lenguajes de soporte al desarrollo dirigido por modelos.

Y es que, en este artículo también se realiza una comparativa entre ambos procesos de generación, así como de la tecnología y lenguajes necesarios para la creación de este tipo de editores, permitiendo comprobar cómo se ha visto simplificado el proceso de obtención de la versión colaborativa de esta herramienta final (Co-CIAT).

A su vez, el proceso de generación de esta aplicación ha servido de ejemplo de aplicación de la metodología Learn-CIAM. Este ejemplo ha permitido constatar que la división de esta metodología en dos fases bien diferenciadas fue acertada. Tal y como se ha indicado con anterioridad, la primera de las fases de Learn-CIAM permite generar editores independientes

del dominio, es decir, permite la generación de editores gráficos de notaciones no orientadas al modelado de requisitos de aprendizaje; mientras que la segunda de las fases sí que se enfoca en la generación del soporte necesario para obtener este tipo concreto de sistemas colaborativos (CSCL).

También, cabe indicar que, por tratarse de una herramienta de trabajo en grupo *online* permite, a cualquier equipo multidisciplinar, trabajar sin la necesidad de reservar espacios, realizar desplazamientos, etc. y, por tanto, permite reducir los costes derivados.

Como trabajo futuro, se plantea realizar varias evaluaciones y validaciones de satisfacción con distintos *stakeholders* que pudieran estar implicados en el diseño colaborativo de sistemas *groupware* y que, para ello, quieran hacer uso de la notación CIAN. Como escenarios de uso/evaluación de partida, se podría contemplar el diseño colaborativo de sistemas *groupware* para la gestión de Trabajos Fin de Grado (TFG) de una Facultad (como en el ejemplo incluido en este artículo), para la gestión y planificación de un Congreso, o para la planificación de una EvAU (Evaluación para el Acceso a la Universidad), entre otros.

Referencias

- Arroyo, Y., Molina, A. I., Redondo, M. A., & Gallardo, J. (2021). Learn-CIAM: A Model-Driven Approach for the Development of Collaborative Learning Tools. *Applied Sciences* 2021, Vol. 11, Page 2554, 11(6), 2554. <https://doi.org/10.3390/AP11062554>
- Arroyo, Y., Molina, A. I., Redondo, M. A., Gallardo, J., & Lacave, C. (2019). Collaborative Modeling of Group Learning Applications Using Eclipse Technology. *13th International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence*, 31(1), 21. <https://doi.org/10.3390/proceedings2019031021>
- Bucchiarone, A., Ciccozzi, F., Lambers, L., Pierantonio, A., Tichy, M., Tisi, M., Wortmann, A., & Zaytsev, V. (2021). What is the future of modeling? *IEEE Software*, 38(2), 119–127. <https://doi.org/10.1109/MS.2020.3041522>
- Bullinger-Hoffmann, A., Koch, M., Möslin, K., & Richter, A. (2021). Computer-Supported Cooperative Work - Revisited. *I-Com*, 20(3), 215–228. <https://doi.org/10.1515/ICOM-2021-0028/MACHINEREADABLECITATION/RIS>
- Collazos, C. A., Gutiérrez, F. L., Gallardo, J., Ortega, M., Fardoun, H. M., & Molina, A. I. (2019). Descriptive theory of awareness for groupware development. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 10(12), 4789–4818. <https://doi.org/10.1007/s12652-018-1165-9>

- De Lara, J., & Vangheluwe, H. (2002). Atom3: A tool for multi-formalism and meta-modelling. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2306, 174–188. https://doi.org/10.1007/3-540-45923-5_12
- Di Ruscio, D., Franzago, M., Malavolta, I., & Muccini, H. (2017). Envisioning the future of collaborative model-driven software engineering. *39th International Conference on Software Engineering Companion, ICSE-C 2017*, 219–221. <https://doi.org/10.1109/ICSE-C.2017.143>
- Duque, R., Gallardo, J., Bravo, C., & Mendes, A. J. (2008). Defining tasks, domains and conversational acts in CSCW systems: the SPACE-DESIGN case study. *Journal of Universal Computer Science*, 14(9), 1463–1479. <https://doi.org/10.3217/jucs-014-09-1463>
- Gallardo, J., Bravo, C., & Redondo, M. A. (2012). A model-driven development method for collaborative modeling tools. *Journal of Network and Computer Applications*, 35(3), 1086–1105. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2011.12.009>
- Gallardo, J., Molina, A. I., Bravo, C., & Redondo, M. A. (2013). A model-driven and task-oriented method for the development of collaborative systems. *Journal of Network and Computer Applications*, 36(6), 1551–1565. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2013.03.016>
- Giraldo, W. J., Molina, A. I., Collazos, C. A., Ortega, M., & Redondo, M. A. (2009). CIAT, A Model-Based Tool for Designing Groupware User Interfaces Using CIAM. In *Computer-Aided Design of User Interfaces VI* (pp. 201–212). Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-84882-206-1_18
- Greif, I. (2019). How we started CSCW. *Nature Electronics* 2019 2:3, 2(3), 132–132. <https://doi.org/10.1038/s41928-019-0229-y>
- Hedjazi, D. (2018). Constructing collective competence: A new CSCW-based approach. *International Journal of Information and Communication Technology*, 12(3–4), 393–416. <https://doi.org/10.1504/IJICT.2018.090418>
- Hmelo-Silver, C. E., & Jeong, H. (2021). An Overview of CSCL Methods. 65–83. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65291-3_4
- Koller, M., Bogdan, C., & Meixner, G. (2016). Collaborative task modeling: A first prototype integrated in Hamsters. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9856 LNCS, 366–373. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44902-9_24
- Kolovos, D. S., García-Domínguez, A., Rose, L. M., & Paige, R. F. (2017). Eugenia: towards disciplined and automated development of GMF-based graphical model editors. *Software and Systems Modeling*, 16(1), 229–255. <https://doi.org/10.1007/s10270-015-0455-3>
- Martinie, C., Navarre, D., Palanque, P., & Fayollas, C. (2015). A generic tool-supported framework for coupling task models and interactive applications. *Proceedings of the 7th ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems - EICS '15*, 244–253. <https://doi.org/10.1145/2774225.2774845>
- Molina, A. I., Gallardo, J., Redondo, M. A., Ortega, M., & Giraldo, W. J. (2013). Metamodel-driven definition of a visual modeling language for specifying interactive groupware applications: An empirical study. *Journal of Systems and Software*, 86(7), 1772–1789. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2012.07.049>
- Molina, A. I., Redondo, M. A., & Ortega, M. (2009). A methodological approach for user interface development of collaborative applications: A case study. *Science of Computer Programming*, 74(9), 754–776. <https://doi.org/10.1016/j.scico.2009.03.001>
- Molina, A. I., Redondo, M. A., Ortega, M., & Hoppe, U. (2008). CIAM: A Methodology for the Development of Groupware User Interfaces. *Journal of Universal Computer Science*, 14(9), 1435–1446. <https://doi.org/10.3217/jucs-014-09-1435>
- Patemò, F. (2003). ConcurTaskTrees: An Engineered Notation for Task Models. In *The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction* (pp. 483–503). <http://girove.cnuce.cnr.it/ctte.html>
- Schnaubert, L., & Bodemer, D. (2022). Group awareness and regulation in computer-supported collaborative learning. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 1–28. <https://doi.org/10.1007/s11412-022-09361-1>
- Syriani, E., Vangheluwe, H., Mannadiar, R., Hansen, C., Mierlo, S. V., & Ergin, H. (2013). AToMPM: A web-based modeling environment. *MODELS '13: Invited Talks, Demos, Posters, and ACM SRC*, 1115.

Diseño y desarrollo de una obra de arte electrónico para visión periférica: Imagen imperfecta 2.0

Design and development of an electronic artwork for peripheral vision: Imperfect image 2.0

Blanca Montalvo Gallego

Departamento de Arte y Arquitectura
Facultad de BBAA UMA
blanca.montalvo@uma.es

Javier Artero Flores

Departamento de Arte y
Arquitectura
Facultad de BBAA UMA
Margarita Salas Next Generation
EU
javierartero@uma.es

Alberto Cajigal García

Facultad de BBAA UMA
Programa de Doctorado en Estudios
Avanzados en Humanidades
a.caji30@uma.es

Recibido: 08.10.2022 | Aceptado: 29.11.2022

DOI: <https://doi.org/10.65234/interaccion.74>

Palabras Clave

Arte interactivo
Percepción
Visión periférica
Imagen
Invisible

Resumen

Presentamos en esta ocasión la versión 2.0 del proyecto en proceso *Imagen imperfecta*. A través de esta obra exploramos los límites de la percepción visual y en concreto de la visión periférica del individuo. Diferentes ensayos y mejoras de la pieza en el campo de la optometría tienen como resultado la elaboración de un prototipo de casco de visión periférica que el espectador ha de portar para transitar la obra: una instalación compuesta por paneles de LEDs animados. La dificultad del usuario para descifrar un texto animado que solo se muestra parcialmente, nos conduce a investigar el binomio espacio tiempo a través de una serie de obras instalativas, audiovisuales e interactivas. Por último, tras analizar los resultados de *Imagen imperfecta 2.0*, indicamos cuáles son los próximos pasos a seguir para la consecución del proyecto.

Keywords

Interactive art
Perception
Peripheral vision
Image
Invisible

Abstract

On this occasion we present the version 2.0 of the *Imagen imperfecta* (Imperfect Image) project. Through this work we explore the limits of visual perception and specifically of the peripheral vision of the individual. Different tests and improvements of the piece in the field of optometry have resulted in the development of a peripheral vision helmet prototype that the viewer must wear to walk through the work: an installation made up of animated LED panels. Finally, the user's difficulty in deciphering an animated text that is only partially displayed leads us to investigate the space-time binomial through a series of installation, audiovisual and interactive works.

1. Introducción

Presentamos en este artículo *Imagen imperfecta 2.0*, un prototipo de una obra de arte electrónico en su segunda fase consecuencia de un ensayo anterior, *Imagen imperfecta 1.0*. Cuando comenzamos la investigación, nos enfrentamos al mismo tiempo a una serie de problemas que no pudimos resolver en conjunto. De manera que durante este tiempo

hemos tratado de identificar las debilidades de la investigación para poder corregirlas.

- Entendimos que era necesario explorar mejor el campo de la óptica, por lo que consultamos con una optometrista profesional, la investigadora independiente
- Tras entender mejor las características y especificidades de la visión periférica, diseñamos y creamos un prototipo

de casco para visión periférica, que nos ayudara en el proceso de testeo de la pieza.

- Al comenzar las pruebas, comprendimos la necesidad de modificar la interfaz del prototipo, para facilitar la percepción y la interacción con las personas que lo testean, e incluir el espacio en los estudios.

A lo largo del texto comentaremos los resultados de la investigación, tanto en su estudio teórico como en su evolución experimental hasta la fecha, así como las propuestas para seguir avanzando.

2. Percepción e interacción

Desde sus orígenes *Imagen imperfecta* se fundamenta en la exploración y el desarrollo de una interacción adaptada a la percepción del espectador, inspirados por los estudios que Brenda Laurel realizó a finales de los años ochenta. La diseñadora e investigadora, defensora de la diversidad e inclusión en los videojuegos, abogaba por una interactividad humano-máquina basada en el entendimiento profundo del espacio del teatro, para lo que propuso una vuelta a las representaciones multisensoriales, frente al bucle infinito en el que había entrado la anterior concepción de modelos mentales, donde el usuario debía tener una idea de lo que esperaba de él el ordenador, y viceversa. Vamos a revisar brevemente su análisis:

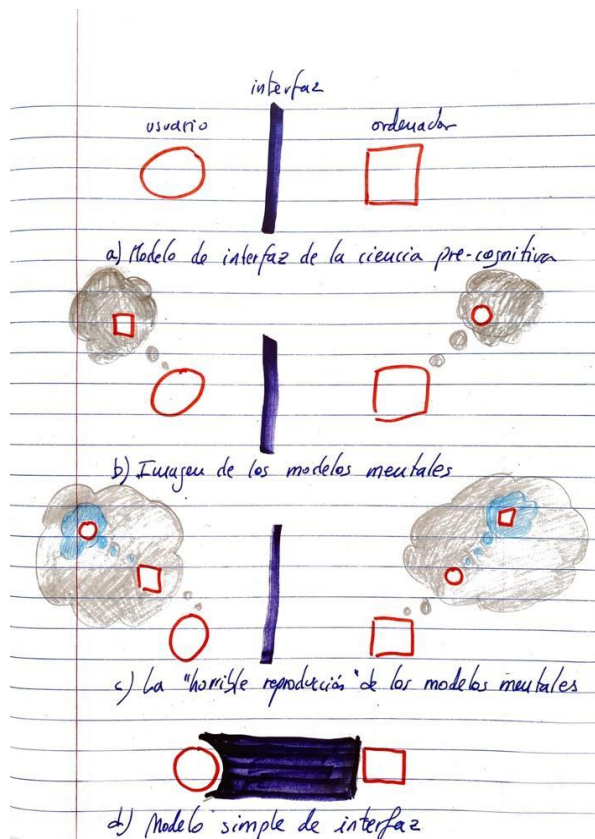


Figura 1: Esquemas inspirados en los modelos de B. Laurel (1991).

- El primer modelo que se piensa cuando reflexionamos sobre la interfaz humano-máquina en entornos digitales es este sencillo esquema [Figura 1: a)], en el que la interfaz es como un muro entre el usuario y el ordenador.
- El segundo modelo [Figura 1: b)] lo sustituye de inmediato, cuando nos percatamos de que el usuario ha de tener alguna idea acerca de lo que el ordenador espera de él y, a su vez, éste ha de incorporar alguna información sobre los comportamientos y las metas del usuario, de modo que para comunicarse ambos, ordenador y usuario, han de desarrollar un *modelo mental* del otro.
- Pero, para usar una interfaz de manera correcta, el usuario ha de tener una idea de qué espera de él el ordenador, y viceversa, con lo que ¿deberíamos admitir que lo que las dos partes piensan que el otro está pensando sobre ellos, ha de ser incluido en el diseño del modelo adecuado de interface? [Figura 1: c)]: es obvio que este esquema resulta una reducción al absurdo.
- Su propuesta de entender la interfaz no como un muro que separa, sino como el elemento que facilita y promueve la coincidencia de ambos agentes [Figura 1: d)], sólo se hace posible cuando asumimos las características de nuestra percepción, para que puedan ser utilizadas por las interfaces actuales (Laurel, 1991, 12-14) (Laurel, 1991).

Centrados en ello, en las características específicas de la visión humana, desarrollamos una propuesta específica para la visión periférica. Si bien hasta la fecha no hemos podido confirmar ningún trabajo realizado en el campo del arte que explore la visión periférica, podemos situar los antecedentes de nuestra investigación en una amplia horquilla que va: desde las investigaciones en torno a lo sensorial, la desmaterialización y la cuestión espacio temporal de la forma plástica en el cine de José Val del Omar a las pantallas de texto de Rafael Lozano-Hemmer o de obras como *Listening Post*; de los sencillos vídeos en bucle sobre pantallas de LEDs de Jim Campell a los experimentos entre matemática y pintura de Manuel Barbadillo, realizados a finales de los años sesenta en el Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid; sin olvidar algunos de los pasillos y recorridos de Nauman, Serra o Bisbe.

A continuación revisamos estos referentes, atendiendo a su especial relación con el tiempo, el espacio y la forma de mostrarse al espectador.

2.1 El tiempo del espectador

El tiempo que el espectador dedica a la obra es uno de los grandes dilemas de los artistas. Por supuesto, siempre esperamos atención absoluta y una percepción activa, pero no siempre es así. En cualquier caso, es uno de los aspectos que se tienen en cuenta en la realización de la obra: cómo y durante cuánto tiempo va a ser vista, define la complejidad visual-

conceptual con la que podemos trabajar, hasta convertirse en un elemento estructural y por tanto, fundamental.

Una obra que cuestiona nuestras capacidades perceptivas, al tiempo que las expectativas en relación a la tecnología, es *33 preguntas por minuto* (2001), de Rafael Lozano-Hemmer. En ella, un algoritmo utiliza el acceso aleatorio de palabras de un diccionario para formar nuevas frases, aunque algunas de ellas resultan absurdas: “¿Cuándo sangrarás de forma ordenada?” Y luego hay otras que pueden interpretarse como si tuvieran coherencia, como “¿por qué nos siguen sobornando los artistas?” (Binder & Haupt, 2005, 66).

La instalación presenta 33 preguntas por minuto, que es el umbral de velocidad para la lectura, de manera que la experiencia es irritante, ya que no deja tiempo para la reflexión, reflejo de nuestra cultura. Las cuestiones que aparecen en los veintidós *displays* electrónicos combinan las formadas por el algoritmo, con las que han sido introducidas por el público, mezclándose, de manera que es imposible determinar si han sido realizadas por personas o por la máquina. Plantear la prueba de Turing al revés es uno de los objetivos de la pieza de Lozano-Hemmer, diseñada para enfrentarnos con los límites de nuestra percepción y de nuestro lenguaje, al evidenciar la velocidad que no deja margen al tiempo del espectador para reflexionar sobre sus contenidos.

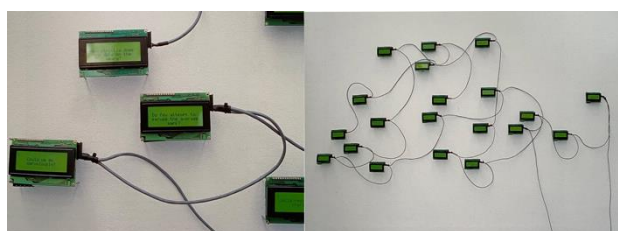


Figura 2: R. Lozano-Hemmer, *33 preguntas por minuto* (2001)

La obra de Lozano-Hemmer pivota en torno al tiempo del espectador que en su enfrentamiento con la máquina es incapaz de leer y reflexionar, lo que iguala ante él la inteligencia de unos y otra. En *Imagen imperfecta* es imprescindible que el espectador lea el texto, que lo reconozca pese a la cierta dificultad inicial por la falta de entrenamiento.

2.2 El espacio del espectador

Uno de los artistas que investigó las capacidades expresivas de la visión periférica en el cine experimental fue José Val del Omar, a través de su revolucionaria exploración del “desbordamiento panorámico de la imagen” (Val del Omar, 1957), “la visión táctil” (Val del Omar, 1959) y el afán experimentador con el que inventó artefactos técnicos con los que explorar sus teorías. “En cinema sólo transmitimos hoy noticia de la superficie (...) yo siento necesidad de tomarle el pulso y la temperatura. Yo quiero palpar, medir, adquirir conciencia plena y, aunque esta ambición tiene una frontera espacio temporal, yo sé que hoy no utilizamos los grandes recursos técnicos que en nuestro caso, por ejemplo, la electrónica, nos brinda en luminotécnica.” (Val del Omar,

1959). Su idea era no sólo hacer visible lo sensorialmente perceptible, sino también hacer tangible lo inmaterial, lo corpóreo, lo espacio temporal, todo ello manteniendo una visión total, en unidad plurisensorial.

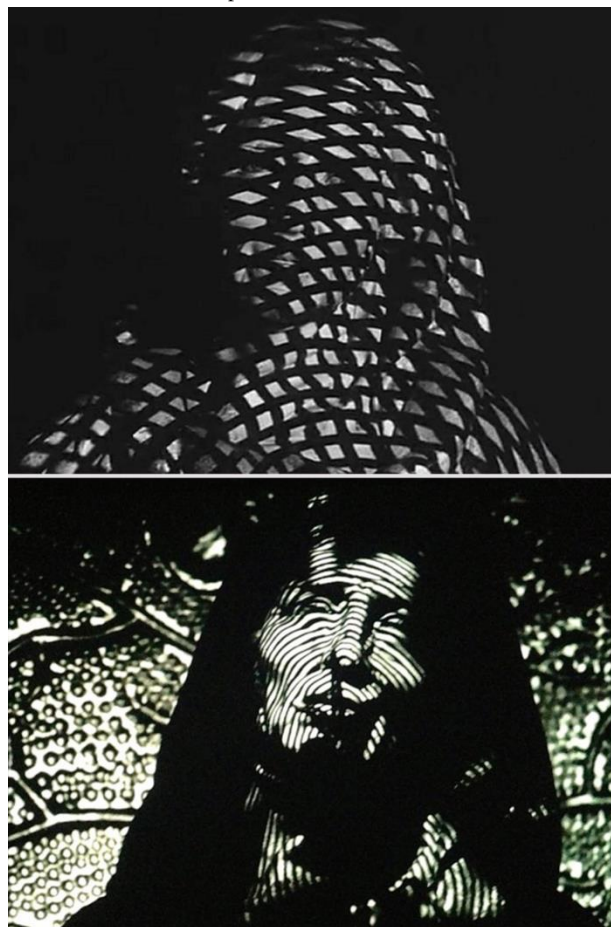


Figura 3: Val del Omar, *Fuego en Castilla* (1960)

En la práctica, el desbordamiento panorámico o extrafoveal utiliza doble foco y doble campo concéntrico de proyección por diversos procedimientos, entre los que señala el de desviar por espejo o prisma “una de las dos imágenes complementarias del fotograma, operando con dos ópticas base, una de gran ángulo y otra normal, concéntrica” (Val del Omar, 1957). Esto significa desplazar a una zona central de la sala la proyección nítida, y rodearla de un área de imágenes macro proyectadas, que desbordan por techo, paredes y suelo: un proceso tácito de desmaterialización y apropiación integral del espacio, que tiene influencias evidentes en el lugar ocupado por el espectador, y que activa su visión periférica, reforzada por el movimiento y el alto contraste de blanco y negro de obras como *Fuego en castilla* (1960).

2.3 Instalación y recorrido

Tras analizar algunos referentes que exploran la interacción atendiendo al tiempo y al espacio, nos planteamos cómo aprovechar el conocimiento adquirido; así, mientras que nuestro dispositivo *Imagen imperfecta 1.0* (2021) era una máquina de visión, colocada en un lugar, entendimos que era

imprescindible que su versión mejorada *Imagen imperfecta 2.0* (2022) fuera tratado como un experimento instalado en unas condiciones controladas de luz y de espacio.

Al explorar el tipo de interactividad que queríamos que desarrollara el sujeto del experimento, ésta estaba más cercana de los vagabundeos de los espectadores en obras como *Pisopiloto* (2001) de Luis Bisbe que de la visión silenciosa, casi sumisa o religiosa, con la que los espectadores de *Ars Electronica* en 2004 contemplaban el enorme muro curvo de 121 displays de *Listening Post*, de Mark Hansen, Ben Rubin. “Lo que me interesa es este deambular a través de un espacio en el que se superponen exageradamente lo físico y lo mental para desplazar este mecanismo hacia el resto del mundo donde siempre se han solapado” (Bisbe, 2008, 9). En este sentido, aprovechamos las experiencias que el espectador ha desarrollado al desplazarse por recorridos controlados, bien en los estrechos pasillos de Bruce Nauman, como *Green Light Corridor* (1967) o *Live-Taped Video Corridor* (1970), o rodeados de toneladas de hierro en *La materia del tiempo* (1994-2005) de Richard Serra, donde los enormes muros generan diferentes efectos en el movimiento y la percepción del espectador. Las paredes de estas gigantes figuras se transforman de manera inesperada a medida que el visitante las recorre y las rodea, lo que crea una vertiginosa e inolvidable sensación, precisamente porque se activa la visión periférica.



Figura 4: Bruce Nauman, *Green Light Corridor* (1967)

“Lo que vemos está mediado por la construcción cultural de nuestra percepción aparentemente natural” (Jay 2007, 295). En los años sesenta del pasado siglo, Jean Servier reflexionó sobre cómo la ciencia occidental ha separado lo humano del resto del mundo objeto de su pensamiento: “En el espíritu del hombre de las civilizaciones tradicionales, lo invisible carece de la vaguedad de un concepto metafísico, es una realidad, una dimensión en la cual se mueve cada uno de los hombres que componen a la humanidad entera” (Servier 1970, 10). Este pensamiento abonaba la sospecha ya implantada por Canguilhem, Bachelard o Foucault, sobre la supuesta validez de la observación como evidencia científica. El pensamiento ocular centrista se resiste a desaparecer pese a las acusaciones de imperialismo insostenibles ya; pero entender y entendernos como parte de un todo en eterno flujo, en movimiento y

reajuste constante, aunque nos facilitaría la comunicación y relaciones, sigue sin ajustarse a las interfaces tecnológicas a través de las que establecemos las relaciones. Investigar en este sentido, no es sólo una cuestión técnica, sino también y ante todo, una actitud revolucionaria y curiosa por todo lo oculto, lo invisible y lo fuera de campo.

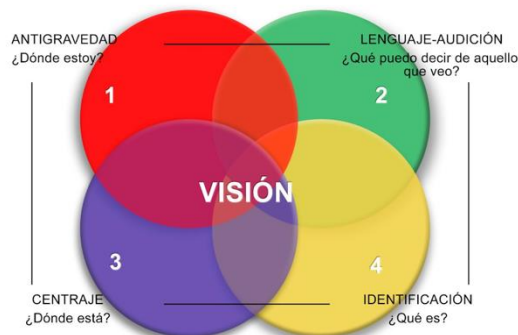


Figura 5: *Círculos de Skeffington*

3. Visión periférica

Como dijo Merleau Ponty, la visión es la manera del cerebro de tocar el mundo (Merleau Ponty 1993, 236). La visión es uno de los sentidos, además de la audición, que nos hace interaccionar con el entorno. Es un proceso dinámico y en constante cambio para el usuario de manera automática, por lo que, no somos conscientes de todas las fases por las que pasamos para ver un objeto, leer o simplemente movernos por el mundo.

La visión se divide en dos partes.

- La visión central es la responsable de captar, interpretar y discriminar el objeto que estamos mirando. La visión central proporciona la máxima agudeza visual y un sentido cromático exacto. Esto disminuye rápidamente hacia la periferia, sobre todo cerca de la nariz. Hacia los 30° de excentricidad la agudeza visual se sitúa entre 0,1 - 0,2 y es de aproximadamente 0,05 a los 60°. Sin embargo, la retina periférica es muy sensible a los desplazamientos, ya que su característica esencial es la detección del movimiento (Rabbets & Bennett, 2007). El campo de visión binocular llega hasta 200° en el plano horizontal y 160° en el vertical. Sin embargo, disminuye rápidamente de forma proporcional al aumento de la velocidad del individuo. En relación con el color, es máxima para objetos blancos, pero disminuye de forma progresiva si se utilizan colores azules, rojos o verdes (Quevedo & Solé, 2010).
- La visión periférica hace que nos podamos mover por el entorno y en situaciones de peligro nos avisa, es por ello, la responsable de que el ser humano haya podido sobrevivir.

El optometrista americano Arthur Marten Skeffington desarrolló un modelo que ayuda a entender el funcionamiento de la visión. Los Círculos de Skeffington definen las distintas habilidades que engloba la visión. (Aribau, 2017, 9).

- El primer círculo es el antigravedad. Este círculo es el que nos permite saber en dónde estoy situado en el espacio, para lo que crea un mapa de nuestro cuerpo y desde ahí situamos un punto de referencia respecto al entorno.
- El segundo círculo lo llama el centrado y describe dónde está el objeto respecto a nosotros. Este es el círculo donde se integra la visión periférica, indica la posición en la que se encuentra el objeto en relación al entorno.
- El tercer círculo, el de la identificación responde a la pregunta de ¿qué es?, por lo que identifica el objeto sobre el que fijamos nuestra mirada. Está relacionado con la visión central. Este sistema además se relaciona también con otros sentidos como el sonido, el tacto, el olfato o el gusto.
- El cuarto círculo es el de habla o audición, responsable de ponerle el significado a lo que estamos viendo.

Así, la visión periférica es imprescindible en nuestras experiencias diarias, pese a que casi todos los dispositivos están diseñados como si toda nuestra visión fuera central. De hecho, la mayor parte de disciplinas deportivas consideran imprescindible la necesidad de una buena visión periférica, y aún más importante el tener una óptima simultaneidad centro-periferia. Por lo que pensamos que seguir explorando este campo de forma experimental puede ser interesante.

4. Imagen imperfecta 2.0

Para la versión 2.0 de nuestro proyecto seguimos experimentando con diferentes matrices de LEDs (Figura 6). Elaboramos una estructura metálica en forma de esquina sobre la que dispusimos una de estas matrices, con objeto de que la animación se perdiese de vista al atravesar este ángulo. También empleamos otra pequeña matriz para el diseño de la maqueta que detallaremos a continuación. No obstante, con independencia de la disposición, ubicación y tamaño de los LEDs, seguimos experimentando algunas dificultades por desconocimiento en el campo de la optometría. Es por estas razones que empezamos a trabajar con una profesional de dicho campo, como ya se ha comentado.

Tras la revisión de los primeros ensayos detectamos problemas para que el usuario hiciera uso de su visión periférica, pues de manera involuntaria tendía a dirigir su mirada hacia la animación de LEDs. Para dar solución a esta problemática nuestra primera opción fue ubicar un punto de atracción visual de manera que el espectador no dirigiera su visión central hacia los LEDs y accediera a estos mediante el uso de la visión periférica. Sin embargo este método no resultó del todo efectivo pues, como decíamos, pequeñas modificaciones del ángulo de visión suceden a menudo de manera involuntaria. Finalmente, la segunda opción ha sido restringir la visión

central del usuario, para lo que diseñamos un prototipo de casco de visión periférica.



Figura 6: Matrices de LEDs empleadas durante los ensayos

El primer prototipo estaba fabricado de goma con esqueleto de alambre para que pudiera ajustarse a las medidas de cada individuo. La estructura consistía en una diadema de la que cuelga una superficie rectangular que anula la visión central del usuario. Sin embargo, tras sucesivos ensayos apreciamos que estos materiales se deterioran con facilidad y, en consecuencia, perdemos la precisión requerida para ajustar el campo de visión del espectador a nuestras necesidades. Es por ello que diseñamos un segundo prototipo (Figura 7) a partir de una impresión 3D de máscara de protección facial. Para adaptar este diseño a nuestros requisitos empleamos un plástico opaco de 21 x 12 cm que se curva longitudinalmente hasta anular la visión frontal del usuario.

Como resultado, el espectador se ve forzado a hacer uso de la visión periférica, pues los ángulos accesibles para su mirada son aquellos que se localizan en la periferia.



Figura 7: Casco de visión periférica

Como se aprecia en la ilustración (Figura 8), los ángulos de visión útiles para el usuario se localizan a partir de los 40° aproximadamente con respecto a un punto frontal (90°), es decir en la periferia. A través de las pruebas con el primer prototipo de casco de visión periférica realizamos una serie de comprobaciones.

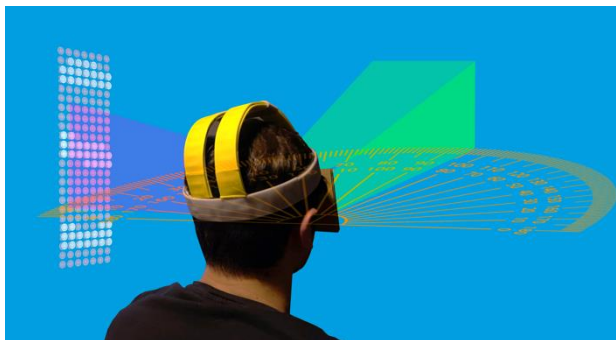


Figura 8: Ángulo de visión con el primer prototipo de casco de visión periférica

En primer lugar observamos que a medida que la animación de LEDs se aproxima a la visión central el usuario identifica mejor cada una de las letras, siendo en concreto la S la que reconoce con mayor facilidad. Al igual que pudimos señalar en la versión 1.0 del proyecto, subrayamos que los mejores resultados se obtienen con las luces LEDs de color blanco sobre fondo negro, desplazándose estas de derecha a izquierda a una velocidad constante de 1 segundo por letra.

Tras el desarrollo del segundo prototipo de casco de visión periférica obtenemos nuevos resultados que son fruto de la mayor precisión en la restricción de la visión frontal. Principalmente detectamos claras diferencias en el reconocimiento de letras en función de la predisposición, zurda o diestra, de la visión del espectador. Estas pruebas se realizan utilizando la pantalla de un teléfono móvil con letras de una dimensión de 10 cm en color negro sobre fondo blanco. El dispositivo móvil se ubica en un ángulo entre los 40° y los 20°. El usuario no es capaz de identificar las diferentes letras hasta que la pantalla se aproxima entre 30 y 20 cm del ojo en cuestión.

Como resultado de estas modificaciones, principalmente en lo que se refiere al diseño de un dispositivo que fuerza a trabajar la visión periférica, planteamos una instalación para ser transitada por el espectador con el casco de visión periférica, como se aprecia en la maqueta que hemos elaborado (Figura 9).

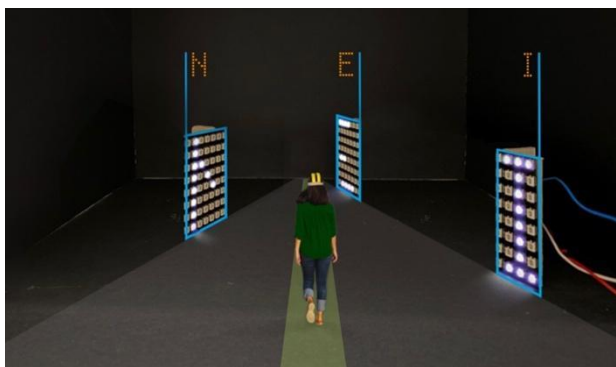


Figura 9: Maqueta de instalación Imagen imperfecta 2.0

La instalación consta de tres módulos de LEDs. Estos se disponen a derecha e izquierda para atender a las características de cada usuario, es decir, a tenor de ser zurdo o diestro de ojo. Los paneles se ubican en el espacio en forma de embudo, por lo que a medida que el espectador atraviesa el pasillo con el casco de visión periférica varía la distancia y el ángulo de visión. Dado que el usuario tiene anulada su visión frontal al portar el casco, para facilitar que pueda atravesar este camino sin desorientarse, desplegamos una pasarela reflectante que puede ser ojeada dirigiendo la mirada hacia los pies. Así mismo, como se aprecia en la ilustración, cada uno de los módulos sólo muestra las letras parcialmente y no por completo.

5. Conclusiones

Tras la experiencia de los primeros ensayos de Imagen Imperfecta decidimos la incorporación de una profesional del campo de la optometría. Las aportaciones recibidas se han traducido en una serie de modificaciones. Por un lado hemos diseñado varios prototipos de casco de visión periférica que resuelven los problemas iniciales para trabajar la visión periférica de manera eficiente. El usuario de este casco ve anulada su visión central y por consiguiente recurre a áreas localizadas en la periferia. Por otro lado, si bien en un principio planteamos una animación de LEDs que debía ser percibida por el espectador inmóvil desde un mismo punto, ahora resulta fundamental el desplazamiento del usuario para el acceso a los paneles de LEDs. Para ello diseñamos la maqueta de instalación *Imagen imperfecta 2.0*, donde tres módulos de LEDs se disponen en el espacio apostados longitudinalmente a ambos lados de un pasillo en forma de embudo. De este modo, resueltos los problemas referentes a la optometría, a continuación nos proponemos colaborar con personal especializado en programación, con objeto de que podamos implementar las animaciones con las que hemos experimentado en las distintas fases del proyecto. Así podremos traducir las pruebas realizadas con matrices led y dispositivos móviles a un espacio expositivo real. En definitiva, la metodología de ensayo y error llevada a cabo, con la consiguiente incorporación de personal cualificado en aquellos campos que escapan a los propios de la práctica artística, tiene como resultado un proyecto de mayor ambición y complejidad. Con todo, esperamos que las modificaciones técnicas y conceptuales realizadas se traduzcan en una ampliación de los puntos de interés de nuestra propuesta.

Agradecimientos

DIANA (Diseño de Interfaces AvaNzAdos) grupo de investigación TIC171 del PAIDI (Plan Andaluz de Investigación Desarrollo e Innovación) de la Junta de Andalucía. <http://www.diana.uma.es/>

Cuerpos Conectados II. Nuevos procesos de creación y difusión de las prácticas artísticas identitarias en la no-

presencialidad.

Ayudas Margarita Salas. Next Generation EU

PROYECTO I+D+I: PID2020-1166999RB-100

<https://www.ub.edu/archID/investigadoras/>

Referencias

- Aribau, E. 2017. “Bases neurológicas y prerequisites visuales y visomotores” en *Educadores: revista de renovación pedagógica*. Enero/Marzo #261
- Binder, P. & Haupt, G. 2005. “Universes in Universe” en *Scrabble. Vídeo, lenguaje y abstracción*. Centro Atlántico de Arte Moderno. Las Palmas de Gran Canaria.
- Bisbe, L. 2008. *Interiorismoyexteriorismo*. Madrid, La Casa Endendida.
- Jay, M. 2007. *Ojos Abatidos. La denigración de la visión en el pensamiento francés del siglo XX*. Madrid: Ed. Akal, Estudios Visuales.
- Laurel, B. 1991. *Computer as Teatre*. Addison-Wesley Publishing. Nueva York.
- Merleau-Ponty, M. 1993. *Fenomenología de la percepción*. Planeta Agostini, Barcelona.
- Quevedo, L.I. & Solé, J. 2010. “Entrenamiento Visual en el deporte” en Vicente Rodríguez, Irene Gallego y Diego Zarco (Comps.), *Visión y Deporte* (pp. 93-102). Barcelona: Editorial Glosa.
- Rabbets, R & Bennett, A. G. 2007. *Clinical Visual Optics* [1992]. Butterworth-Heinemann. Oxford.
- Servier, J. 1969. *Historia de la utopía*. Monte Ávila editores. Venezuela.
- Val del Omar, J. 1957. “Desbordamiento apanorámico de la imagen,” en las *Actas del IX Congreso Internazionale della Tecnica Cinematografica*, Turín, del 29 de septiembre al 1 de octubre de 1957. Disponible en la página web dedicada al autor: http://www.valdelomar.com/pdf/text_es/text_6.pdf
- Val del Omar, J. 1959. “Teoría de la Visión Táctil”, publicado en la revista *Espectáculo*, Madrid, nº 132, febrero 1959, p. 28. Disponible en la página web dedicada al autor: http://www.valdelomar.com/pdf/text_es/text_5.pdf
- Val del Omar, J. 1957 “Desbordamiento apanorámico de la imagen,” en las *Actas del IX Congreso Internazionale della Tecnica Cinematografica*, Turín, del 29 de septiembre al 1 de octubre de 1957. Disponible en la página web dedicada al autor: http://www.valdelomar.com/pdf/text_es/text_6.pdf

Construir modelos de reconocimiento de la actividad simple humana mediante simulaciones 3D basadas en agentes

Build simple human activity recognition models through agent-based 3D simulations

Marlon Cárdenas Bonett

Sopra Steria

Universidad Francisco de Vitoria

Madrid, España

marlon.cardenas@ufv.es

Susana Bautista Blasco

Escuela Politécnica Superior

Universidad Francisco de Vitoria

Madrid, España

susana.bautista@ufv.es

Recibido: 10.10.2022 | Aceptado: 10.12.2022

DOI: <https://doi.org/10.65234/interaccion.76>

Palabras Clave

Ambiente Inteligente
Ambiente de vida asistida
Interacción
Reconocimiento Actividad humana
Simulación
Laboratorio virtual viviente

Resumen

Al definir mecanismos de interacción entre las personas y la tecnología asistiva, es necesario identificar patrones específicos de la actividad humana para conseguir que dicha interacción sea lo más natural posible. En entornos donde el usuario es una persona mayor, los patrones son útiles para analizar las posibles respuestas del usuario ante escenarios donde las acciones del usuario sobre la tecnología no son del todo precisas. Para conseguir esa precisión, los usuarios deben participar en el diseño de la interfaz, especialmente para aprender de sus hábitos diarios y de sus limitaciones. Con el auge de la inteligencia ambiental y las soluciones asistidas, hoy es posible recopilar información en tiempo real tanto del usuario como del entorno. En este contexto, el trabajo actual propone aprovechar estos datos y aprender patrones de actividad a través del entrenamiento, pero mediante el uso de simulaciones basadas en agentes. El objetivo del entrenamiento es configurar avatares en escenarios 3D para que reproduzcan aquellas actividades físicas que el usuario real no puede realizar o repetir a demanda por su condición física. La validación del enfoque propuesto se realizó en un laboratorio viviente mediante el uso de simulaciones 3D y luego con usuarios reales.

Keywords

Ambient intelligent
Ambient assistive living
Interaction
Human activity recognition
Simulation
Virtual living lab

Abstract

Identifying specific patterns of human activity is necessary when defining the interactions of people with assistive technologies. In environments where the user is an elderly person, the recognition of patterns becomes useful to analyze the possible responses of the user to certain scenarios where it is necessary to make use of the supporting technology. The participation of the users is necessary to learn from their daily habits. With the rise of ambient intelligence and assistive solutions collect information from both the user and the environment in real time to adapt and be able to learn from it. In this context, the current work proposes to learn activity patterns through training by using agent-based simulations. The objective of the training is to train avatars in 3D scenarios, which recreate those physical activities that the real user cannot perform due to their physical condition. The validation of the proposed approach was in a virtual living laboratory by using 3D simulations as assisted environment scenarios.

1. Introducción

El envejecimiento de la población europea es un fenómeno que afecta al sistema económico, a los servicios sanitarios y al sector laboral, entre otros. Eurostat (2018) (Eurostat, 2022) considera que el fenómeno del envejecimiento se prolongará al

menos hasta 2080, provocando un aumento de las enfermedades crónicas y degenerativas que impiden a las personas mayores llevar una vida autónoma e independiente. La calidad de vida de las personas mayores y sus familias se verá afectada por la creciente demanda de servicios de atención médica personalizados para satisfacer sus necesidades.

Los ambientes inteligentes o Ambient Intelligence (Aml) (Acampora, Cook, Rashidi, & Vasilakos, 2013) y, más concretamente, la vida asistida por el entorno o Ambient Assisted Living (AAL) (Rashidi & Mihailidis, 2013) pretenden aumentar la autonomía y la calidad de vida de las personas proporcionando un entorno que pueda adaptarse a sus necesidades en la rutina diaria. Estos entornos consisten en "objetos inteligentes cotidianos" que integran sensores y procesadores para recopilar información contextual y poder adaptar el entorno o realizar acciones que respalden las necesidades de los usuarios. AAL favorece especialmente a la población de la tercera edad, que demanda mayoritariamente atención domiciliaria (Zhou, Jiao, Chen, & Zhang, 2011), especialmente cuando vive sola y no cuenta con cuidadores.

Diseñar y crear soluciones AAL es una tarea que requiere mucha inversión y experimentación. La inversión es necesaria para equipar y configurar el entorno con los dispositivos adecuados. La experimentación, por otro lado, permite adaptar y personalizar la solución a las necesidades del usuario. No es baladí estimar los costos de la inversión porque, en caso de una mala implementación, los costos pueden elevarse demasiado.

Diferentes metodologías aportan pautas para crear soluciones asistidas. Algunas de las recomendaciones que brindan estas metodologías describen la necesidad de utilizar modelos que representen y simplifiquen la realidad para la experimentación. En estos casos, el modelado se usa para abstraer partes del proceso y así representar algunas características de la solución AAL. En nuestro enfoque, la metodología propuesta utiliza la simulación para llevar a cabo la experimentación antes de implementar la solución en un entorno real.

En las simulaciones se crean los escenarios que se utilizarán en la fase de experimentación, identificando previamente los aspectos que describen la relación entre el usuario y el entorno, así como las características más relevantes de la interacción entre ambos. A través de esta metodología es posible construir teorías o hipótesis sobre cómo podría comportarse el sistema, definiendo así modelos predictivos que infieran el comportamiento del usuario ante la solución final.

El punto de partida de esta propuesta es el Social Ambient Assigned Living Modeling Language (SociAALML) (Campillo-Sánchez & Gómez-Sanz, 2015), un lenguaje gráfico de alto nivel específico del dominio, que permite a usuarios no expertos en programación crear simulaciones 3D para representar una solución de soporte. La herramienta incluye elementos específicos de una solución ambiental como el entorno y sus características, sensores, avatares que representan a los usuarios, actividades físicas, entre otros.

Bajo este contexto, este trabajo propone construir un sistema de reconocimiento de actividad física utilizando la simulación 3D como entorno experimental donde se crean y entrenan los

modelos de predicción correspondientes. La principal característica de esta propuesta es que los correspondientes modelos de predicción se crean y entrenan sobre el entorno simulado, sin necesidad de incluir al usuario en todo el proceso de pruebas y sin realizar ningún tipo de inversión a nivel de hardware de forma temprana.

En el entorno simulado se recrean actividades físicas, caracterizando aquellos patrones que más inciden en la interacción del usuario con el entorno. Los sensores se emulan dentro de la simulación para monitorear las actividades del usuario o agente a largo plazo. Finalmente, el sistema se configura con las condiciones físicas del usuario y se utiliza para modelar aquellos aspectos del comportamiento que puedan asegurar una interacción más natural con la solución de asistencia.

El sistema de reconocimiento podrá entrenar tantas veces como sea necesario para reconocer la actividad física. Cuando se considera que el sistema de simulación cumple con las expectativas propuestas, el siguiente paso es probar el modelo de predicción en un entorno real.

A continuación, se describe el estado del arte que apoya este trabajo, la descripción de la actividad física partiendo del dato mismo generado por los sensores como su análisis para la posterior clasificación, las técnicas de modelado utilizadas para simular dichas actividades y las conclusiones de la investigación.

2. Estado del Arte

Una solución AAL proporciona servicios de asistencia personalizados a usuarios con necesidades específicas y se está considerando como una buena solución para promover la autonomía de las personas mayores. El servicio se basa en la interacción entre las personas, numerosos dispositivos que se comunican y cooperan entre sí y el entorno físico real. Un elemento que destaca en los sistemas AAL son las técnicas de "Reconocimiento de Actividad Humana" o "Human Activity Recognition" (HAR) (Vrigras, Nikou, & Kakadiaris, 2015), que son en gran parte responsables de la interacción entre el usuario y la asistencia.

Uno de los problemas que existen con el reconocimiento de la actividad es encontrar la técnica que se ajuste mejor a las necesidades de la solución asistida. No hay una guía que indique, por ejemplo, cómo procesar los datos de los sensores, dónde colocar los sensores en el usuario o cómo entrenar el sistema para reconocer nuevas actividades.

En las soluciones AAL, la experimentación con el usuario es muy importante pero también está limitada por el hecho de que algunos escenarios no son factibles de realizar (por ejemplo, un incendio en la cocina o una caída en el baño) y por la

disponibilidad de los usuarios y cuidadores durante todo el proceso de desarrollo y pruebas. Algunos trabajos en la literatura abordan este problema utilizando simulaciones para modelar los escenarios. Estos escenarios involucran los elementos principales de la solución: entorno, usuario y tecnología de soporte.

Un ejemplo de simulador es Ubiwise, (Barton & Vijayaraghavan, 2003) donde es posible hacer uso de dispositivos simulados y objetos cotidianos virtuales, pero a diferencia del simulador usado en este proyecto, Ubiwise no soporta el uso de los personajes o agentes. El usuario que consulta la simulación es quien, en primera persona, recorre la escena a través de un avatar.

Otra herramienta es GLS (Sanmugalingam & Coulouris, 2002) que reproduce mundos 2D con diferentes tipos de sensores para que otras aplicaciones puedan conectarse a ellos y luego probarse dentro de la simulación. La principal desventaja de este simulador es que se enfoca más en la funcionalidad de los dispositivos y resta importancia a los personajes. Esto último es lo que lo diferencia del simulador propuesto en este trabajo.

3dSim (Shirehjini, Ali, & Klar, 2005) es otro sistema que crea prototipos de aplicaciones de inteligencia ambiental. Esta herramienta utiliza la representación 3D para crear entidades en el entorno y conectar algunas de ellas con el mundo real. En comparación con 3DSim, la plataforma utilizada en este trabajo tiene la ventaja de permitir definir el comportamiento de los participantes, lo que favorece la creación de escenarios donde se ejecutan diferentes actividades físicas.

Este trabajo se apoya en la plataforma AIDE (Grasia, 2014) que permite reproducir simulaciones 3D de soluciones AAL, y utiliza SociAAL-ML para describir gráficamente el comportamiento de los personajes simulados. Al mismo tiempo, permite asignar ciertos sensores en el entorno para analizar problemas específicos.

El resultado obtenido es un laboratorio viviente virtual, donde se pueden simular diferentes escenarios para realizar la experimentación necesaria para construir el sistema de reconocimiento de actividad humana. Después de configurar el sistema HAR en la simulación, el sistema se utiliza en un entorno real para validar su funcionamiento, comparando la precisión en ambos contextos.

3. Caracterización de las actividades físicas

La solución propuesta para reconocer patrones de actividad física útiles para medir la interacción es tomar la simulación como un escenario de entrenamiento, donde el agente realiza las diferentes actividades físicas. El escenario de la simulación es una recreación genérica de una casa, que se puede adaptar a

las distribuciones de otras casas. De igual forma, esta propuesta utiliza el marco de prueba (Cárdenas, Gómez Sanz, & Pavón, 2018) desarrollado para validar la simulación cuando ésta se utiliza como elemento de la especificación de una solución asistida.

Siguiendo el planteamiento del framework propuesto, en la simulación es posible añadir conjuntos de animaciones que representen las actividades físicas, las cuales pueden modificarse programáticamente para aplicar los criterios propuestos a continuación. El objetivo es que la ejecución de cada actividad sea diferente, permitiendo variar el comportamiento del agente al interactuar con el entorno y evitar animaciones repetitivas poco útiles para el aprendizaje. Otro aspecto para considerar es que tanto el entorno como el agente disponen de los sensores de aceleración inercial necesarios para realizar la monitorización durante el tiempo que dure la simulación.

3.1 Modelando patrones de actividad

Conocer la información de contexto es necesario para que los servicios de asistencia se den de la forma más natural posible. Según (Anind K, 2001), el contexto es “cualquier información que pueda ser utilizada para caracterizar la situación de una entidad”, donde “una entidad puede ser una persona, un espacio, un lugar o un objeto que se considere relevante para la interacción entre un usuario y una aplicación, incluyendo tanto al usuario como a las propias aplicaciones”.

Según la teoría de la actividad, el contexto está definido por las actividades y como tal, “la actividad comprende un sujeto (la persona o grupo que realiza la actividad), un objeto (la necesidad o el deseo que motiva la actividad) y las operaciones (la forma en que se lleva a cabo una actividad). Los artefactos y el medio ambiente son vistos como entidades que median la actividad” (Greenberg, 2001).

La actividad es la unidad básica de análisis utilizada para observar el contexto (Nardi, 1996), por lo que su uso se considera adecuado para analizar el comportamiento del usuario como parte de la solución asistida y no como un usuario final que solo hace uso de la tecnología de soporte propuesta.

3.1.1 Descripción de las actividades

El primer paso para reconocer las actividades es describir cada una de ellas con el mayor detalle posible, con el fin de representarlas en la simulación. Los siguientes, son elementos que nos ayudarán a recabar información de la actividad y describirla dentro de un entorno determinado.

1. Orden (Or_n): hace referencia al orden en que se ejecuta la actividad.

2. Prioridad (Pr_n): es un valor entre 1 y 10 que establece la prioridad para que la actividad aparezca en la simulación. Esta escala es trasladada como porcentaje, a través de la ecuación $Pr_i = (10 - Pr_i) * 10$.
3. Peso (We_i): es el grado de importancia que tiene la actividad. Este atributo es especialmente útil cuando hay más de una actividad al mismo tiempo con la misma prioridad o similares.
4. Acción esperada (Ou_i): es la acción que se utiliza para determinar si la actividad ocurre o no en la simulación, por ejemplo, para la actividad “el usuario camina hacia la puerta”, se pueden establecer como acciones esperadas el “caminar”, “caminar a un destino” o “estar ubicado en un área específica”.
5. Posición (PO_n): lugar del entorno simulado donde está ubicado el usuario en un momento dado.

Tal y como se puede observar en la Fig. 1, estos elementos serán utilizados para describir la actividad, pero no solo a nivel conceptual sino temporal para que pueda ser analizada.

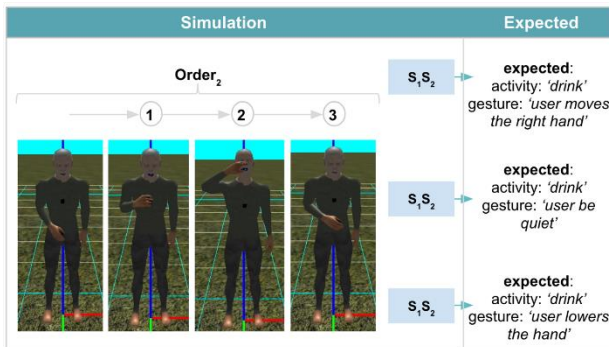


Figura 1: Descripción y configuración de las actividades.

3.1.2 Caracterización

El siguiente paso es extraer las características que dan forma a la actividad y que ayudan a describir su comportamiento en el escenario. Estas características son las mismas que las definidas en la solución de asistencia y que han sido trasladadas en la simulación mediante la animación. Dichas animaciones con sus respectivas variaciones serán monitorizadas mediante sensores inerciales para recoger los datos correspondientes (ver Fig. 2 (A)).

El objetivo es analizar aspectos como (i) los datos de los sensores que describen físicamente la actividad, (ii) el estado o resultado que se obtiene cuando se ejecuta la actividad y las variantes que surgen cuando la actividad es (iii) descompuesta en acciones más simples. La caracterización será posible gracias a los datos generados por los sensores. Los sensores se colocan sobre el agente, monitoreando a largo plazo su estado y la actividad física que realiza.

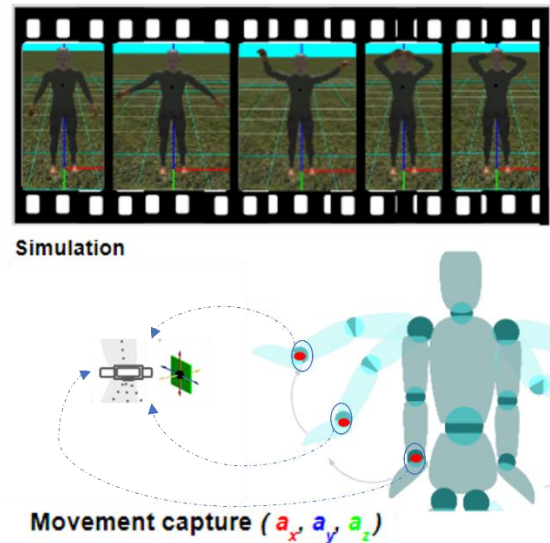


Figura 2: (A) Representación de la posición del sensor sobre el personaje de la simulación y en la animación del movimiento.

3.1.2.1 Datos del sensor

Como se puede ver en la Fig. 2 (B), el resultado del monitoreo son datos que luego se analizan para describir el comportamiento del usuario. Los datos de los sensores en la simulación son de dos tipos específicos:

- a. Simple o de un solo valor y con una frecuencia determinada, por ejemplo, la lectura de la temperatura, la luminosidad del ambiente, el estado de un actuador, etc.
- b. Complejo o con más de un valor en su lectura, por ejemplo, la posición en el espacio del objeto (x, y, z) donde $(x, y, z) \in R^3$, la aceleración del objeto (a_x, a_y, a_z) donde $(a_x, a_y, a_z) \in R^3$.

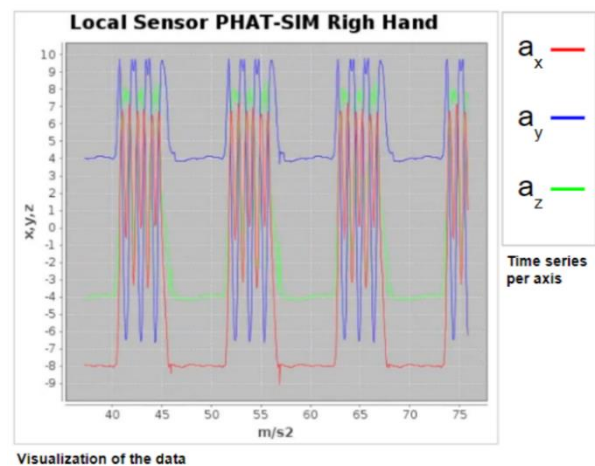


Figura 2: (B) Ejemplo de la lectura de los datos del sensor en la simulación.

3.1.2.2 Resultados de la actividad

Esta caracterización tiene que ver con el estado del usuario o agente una vez ejecuta la actividad. Se han identificado dos estados específicos:

- Un simple estado o un cambio de posición en el entorno: en estos casos, los sensores se limitan a informar de los estados finales del objeto, por ejemplo, “la luz está encendida o apagada”, “la puerta está abierta o cerrada” o “el control remoto está en un lugar u otro”.
- Una acción o movimiento físico realizado por el agente: la actividad suele estar compuesta por datos complejos, cuyas lecturas son series temporales representadas por valores cronológicos que describen la ejecución de las actividades físicas de principio a fin.

Ambas series temporales se basan específicamente en lecturas de movimiento y aceleración del objeto en un plano de dos (a_x , a_y) y tres (a_x , a_y , a_z) dimensiones.

En estos casos la señal de aceleración biaxial o triaxial está compuesta por una serie temporal en cada eje: una serie temporal específica a_x en el eje X, una para a_y en el eje Y y una más para a_z en el eje Z. Para las señales biaxiales se consideran (a_x , a_y) del plano XY y para las triaxiales (a_x , a_y , a_z) del plano XYZ.

3.1.2.3 Descomposición de las actividades

La actividad física se puede descomponer en simples movimientos o gestos realizados por ciertas partes del cuerpo, los cuales pueden medirse y de alguna forma monitorizarse. La actividad de “beber” por ejemplo, consiste en gestos simples que ciertas partes del cuerpo realiza en un orden determinado para lograr el desplazamiento del individuo y conseguir la actividad completa (ver la Fig. 3).

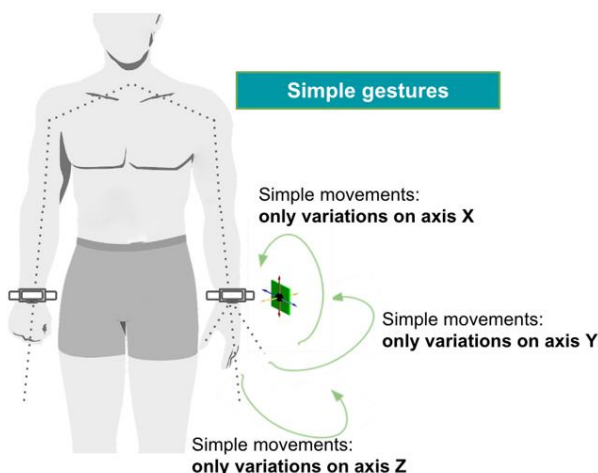


Figura 3: Captura del movimiento en cada eje del sensor.

Las actividades del usuario se modelan en la simulación con la ayuda de animaciones por computadora. Cada animación está compuesta por una secuencia de acciones en el personaje que se rigen por una técnica que modela el movimiento humano.

En un motor de videojuegos, una de las técnicas utilizadas es la animación de esqueletos, que consiste en una jerarquía de huesos y articulaciones (véase la Fig. 4). Cuantos más huesos formen parte de la estructura, más realista será el movimiento (Volonte, 2020) (Akenine-Moller, 2019).

La acción está asociada con el movimiento de una parte del cuerpo y se caracteriza por cambios en los parámetros que describen el movimiento. Los cambios afectan a la rotación y traslación del hueso y varían según el tipo de acción. Las acciones son de dos tipos: periódicas y no periódicas.

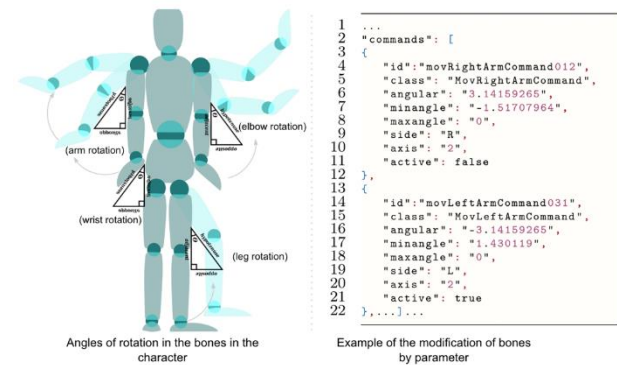


Figura 4: Parametrización programada de la rotación y traslación de los huesos de cada agente.

En una acción no periódica como “levantar el brazo”, los parámetros modifican la duración de la acción. En las acciones periódicas, los parámetros establecen el número de periodos definidos por la propia acción. La duración, en este caso, se define multiplicando el número de periodos por el período de acción.

4. Modelar la actividad en la simulación

Los elementos que componen la simulación son los agentes, el entorno y los objetos. Un agente es quien simula a las personas y son quienes ejecutan las animaciones. Una animación es la representación gráfica de la actividad, acción o movimiento físico. Una o más animaciones pueden representar una o más actividades del personaje, por ejemplo, “correr”, “caminar”, “saltar”, entre otros.

El entorno es el escenario donde se modela el espacio físico relacionado con las limitaciones del usuario. En el escenario se ejecutan las acciones o actividades del agente por cuenta del usuario y se colocan todos los sensores necesarios para el entrenamiento. Para la actividad física se utilizan sensores de

aceleración inercial, que se colocan sobre el usuario según convenga.

Los objetos por su parte solo tienen una función decorativa en el escenario y no aportan información relevante sobre su estado.

El agente en la simulación realiza las actividades físicas que queremos aprender, estas pueden ser “caminar”, “beber” y “correr”. Con la descripción de las actividades mencionadas en apartados anteriores, construimos un escenario donde se ejecutan las principales acciones que se han ordenado como 1, 2 y 3 (Or₁).

Como se muestra en la Tabla 1, para el reconocimiento de la actividad por gestos simples se utilizará la actividad “beber”, aplicándose sobre ella una descomposición de 3 gestos también ordenados como 1, 2 y 3 (Or₂).

Tabla 1: Descripción del escenario simulado.

Or ₁	Actividad	Or ₂	Pr _n	We _n	Po _n	Ou _n
1	Agente camina a la cocina	*	1	100%	Salón	Caminar
2	Agente bebe agua (5 seg.)	*	1	100%	Cocina	Beber
*	Levanta la mano	1	*	*	*	Levantar las manos
*	Beber	2	*	*	*	No movimiento
*	Baja la mano	3	*	*	*	*
3	Corre al salón a contestar una llamada	*	1	100%	Salón	

4.1 Modificar el comportamiento de la actividad

En la simulación, se alteran los parámetros en la estructura ósea donde cada parámetro rige la movilidad del personaje y puede variar entre dos valores límite, en función de los grados de libertad que permite la rotación. Los controles aplicados a estos parámetros se ejecutan externamente, generando la modificación del comportamiento del agente.

A través de una serie de comandos programados en el framework AIDE (Grasia, 2014), se aplican nuevos valores de rotación y traslación a cada articulación principal del cuerpo “brazos”, “hombro”, “codo”, “muñeca”, “tronco” y “piernas”, “rodillas” (ver Fig. 4).

En la práctica, es posible mover todos los huesos que tiene el personaje, pero para que estas modificaciones sean coherentes, es necesario asegurarse de que los nuevos ángulos de rotación y traslación sean coherentes con la estructura ósea del personaje y con la animación misma.

Las modificaciones predefinidas básicamente hacen dos cambios concretos en las articulaciones. Por un lado, establecen diferentes límites de la amplitud del ángulo de rotación del hueso principal y, por otro lado, modifican la velocidad de movimiento (Bruijn, Meijer, van Dieen, Kingma, & Lamothe, 2008). Cuando se modifica el ángulo de giro esperado en un hueso, respetando sus límites naturales (Hodgins & Pollard, 1997) (Safonova, Hodgins, & Pollard, 2004) el motor de la física puede realizar los cálculos correspondientes para generar los movimientos derivados.

Este cálculo utiliza estas dos modificaciones para generar los valores deseados en cada articulación (Herr & Popovic, 2008). En el caso de las actividades periódicas, la ecuación de control que suele utilizar la física para calcular estos nuevos valores es como la que se describe a continuación.

A través de la ecuación $\tau = \kappa (\theta_d - \theta) + \kappa_v (\theta'_d - \theta')$ es posible que, a partir de la observación de los movimientos del personaje, se puedan obtener los límites en este tipo de acciones. En la ecuación θ es el ángulo de unión, θ_d es el ángulo deseado, θ' es la velocidad de la articulación, θ'_d es la velocidad deseada, mientras que κ y κ_v son la ganancia proporcional y derivada.

4.2 Sistema de reconocimiento de actividad

El framework de prueba propuesto (Cárdenas, Gómez Sanz, & Pavón, 2018) permite acoplar diferentes sistemas del reconocimiento de actividad, lo cual facilita modificar las técnicas de extracción de características y los algoritmos de clasificación por separado.

Para este trabajo se utilizó el algoritmo K-Nearest Neighbor (k-NN) por su sencillez a la hora de implementar (Ferreira, 2020), por su amplia utilidad en la clasificación de datos de sensores (Bustoni, 2020) y por su uso extendido en el campo del reconocimiento de actividad física (Priyadarshini, 2022).

En lo que respecta a la animación, la modificación de los parámetros del movimiento ha permitido crear muchas variaciones de las acciones físicas que representa cada animación. Con todas estas variantes se ha generado el dataset⁴⁹ necesario para el entrenamiento del sistema de reconocimiento. La monitorización se ha realizado con dos sensores de aceleración, colocados en ambas muñecas del agente y con una frecuencia de muestreo predefinida de 40Hz.

4.3 Reconocimiento de patrones

Para reconocer patrones en gestos simples, el marco utiliza procesamiento de eventos complejos (CEP) (Cugola & Margara, 2012) para analizar la señal del sensor inercial, distinguiendo entre los diferentes ejes. La separación de la

⁴⁹ Dataset disponible en: <http://bit.ly/2uTyuKm>

señal por ejes permite identificar patrones simples dentro de conjuntos de datos complejos, los cuales son depurados y procesados previamente por el motor de eventos que posee el framework.

4.3.1 Criterios para el reconocimiento de patrones

El reconocimiento de la actividad requiere el uso del concepto de ventana de tiempo w_t , que se refiere al intervalo de tiempo fijo necesario para procesar bloques de datos de actividad.

El tamaño de w_t se determina de acuerdo con el ambiente y las actividades, con el uso de la simulación este valor puede ser modificado para observar resultados diferentes a los esperados. En función del peso, se valida cada bloque de actividad, utilizando para ellos los criterios más habituales como:

- Ocurrencia: indica si una actividad concreta ha ocurrido o no.
- Duración: la duración de la actividad a realizar y
- Orden de ejecución: determina si las actividades ocurren en un orden específico.

4.4 Sistema de validación

La validación del sistema se ha realizado en dos fases. En la primera fase, se valida el sistema de reconocimiento sobre la simulación, utilizando nuevas modificaciones sobre las animaciones que no han sido utilizadas en la fase de entrenamiento ni en la propia simulación.

La segunda fase se llevó a cabo en un entorno real, implementando el sistema de reconocimiento en un dispositivo externo compatible con las especificaciones utilizadas en la simulación (sensores, frecuencia, entre otros).

4.4.1 Primera fase de validación

Se han generado un total de 36 archivos el total, para la actividad de “caminar” 10 archivos, para la actividad “correr” 11 archivos y para la actividad de “beber” 15 archivos. Cada fichero cuenta con 90 segundos del agente ejecutando la acción correspondiente.

Se ha añadido al sistema como actividad base la actividad “cállate” o “detente” para el agente. De esta actividad se han utilizado dos archivos con 3 minutos de muestras en total, unos 90 bloques para la clasificación. Con una ventana de tiempo de 2 segundos, $2 \times 40\text{Hz} = 80$ muestras, se procesaron un total de 1710 bloques, correspondientes a caminar: 450; correr: 495; beber: 675 y detenerse: 90.

Como se puede ver en la Fig. 5, la precisión y exactitud obtenidas por el sistema son lo suficientemente buenas como para considerar que la caracterización de las actividades propuestas puede ser útiles para diferenciar actividades.

a)	stop	walking	running	drink	Classification overall	Accuracy (Precision)
stop	79			11	90	87,78%
walking		432		18	450	96,00%
running		33	438	24	495	88,48%
drink	21	17	8	629	675	93,19%
Truth overall	100	482	446	682	1710	
Accuracy (Recall)	79,00%	89,63%	98,21%	92,23%		

b)	stop	walking	running	drink	Classification overall	Accuracy (Precision)
stop	66			24	90	73,33%
walking	21	367	26	36	450	81,56%
running	39	21	389	46	495	78,59%
drink	28	47	35	565	675	83,70%
Truth overall	154	435	450	671	1710	
Accuracy (Recall)	42,86%	84,37%	86,44%	84,20%		

Figura 5: (a) Validación del Sistema en la simulación. (b) Validación del sistema en un Entorno real.

4.4.2 Segunda fase de validación

Para esta fase se ha generado el mismo número de archivos que se utilizaron en la fase anterior, manteniendo la misma configuración de los sensores utilizados en la simulación y sobre la primera fase.

La diferencia con respecto al escenario anterior es que además de reconocer las actividades como una acción individual, estas se han caracterizado por gestos sencillos y ha sido validada con el framework de pruebas, el cual ha sido capaz de reconocer cada patrón descrito en el escenario de la simulación.

En la Fig. 6 se puede observar como en la simulación se determinan las tareas (lado derecho) a realizar dentro del entorno (lado izquierdo). Dichas tareas se ejecutan secuencialmente y permiten estudiar las variaciones del usuario según las consideraciones aplicadas sobre los movimientos físicos. La parametrización de la actividad física también es posible gracias a la configuración de la simulación. En dicha configuración se pueden establecer tiempos para la lectura de datos del sensor y tiempos de duración de los movimientos, entre otros eventos.



Figura 6: Sistema de validación del escenario en la Simulación.

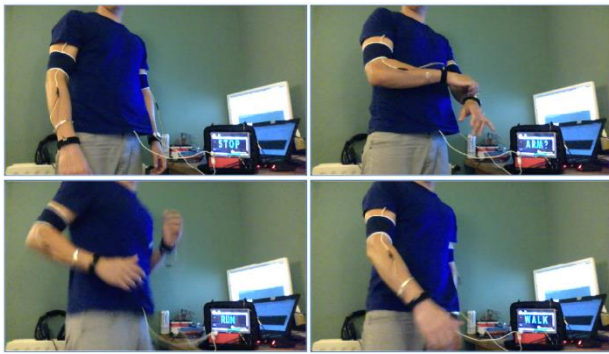


Figura 7: Sistema de validación en entorno real.

Como se puede ver en la Fig. 6, el sistema de reglas sirvió para determinar si cada gesto se producía o no (ocurrencia), la duración que tenía uno de ellos de 5 segundos para el caso Or2 = 2 (duración) y si se ejecutaron en el orden esperado (orden de ejecución).

5. Conclusiones y trabajo futuro

En este trabajo se ha presentado una técnica para diseñar y construir sistemas de reconocimiento de patrones de actividad, utilizando escenarios simulados donde es posible experimentar

con las características de la actividad física, las condiciones ambientales y la configuración básica de los sensores.

Las técnicas de caracterización propuestas son útiles en situaciones en las que el usuario no puede participar en el diseño de estos sistemas, debido a su avanzada edad o a su condición física. En entornos asistidos para personas mayores, este mecanismo permite crear soluciones realmente adaptadas a las limitaciones físicas del usuario, haciendo más natural la interacción entre los sistemas, la tecnología de soporte y el usuario final.

En el futuro, se prevé aplicar este enfoque con un conjunto más amplio de actividades físicas, que consideren problemas de movilidad propios de la edad, así como diferentes síntomas de problemas de salud que perjudican la movilidad del usuario. Del mismo modo, se considera oportuno desarrollar una validación más amplia donde sea posible poner en contexto la utilidad de simular la actividad y clasificarla posteriormente. Un ejemplo de ese contexto podría ser clasificar actividades con mucho nivel de ruido en usuarios reales (pacientes con deterioro físico, temblores, etc.).

Referencias

- Acampora, G., Cook, D., Rashidi, P., & Vasilakos, A. (2013). A Survey on Ambient Intelligence in Healthcare. *Proceedings of the IEEE*, 101(12), 2470-2494. doi:10.1109/JPROC.2013.2262913
- Akenine-Moller, T. a. (2019). *Real-time rendering*. AK Peters/crc Press.
- Anind K, D. (2001). Understanding and using context. *Personal and ubiquitous computing*, 5(1), 4-7.
- Barton, J., & Vijayaraghavan, V. (2003). UBIWISE, a simulator for ubiquitous computing systems design. *Hewlett-Packard Laboratories Palo Alto*.
- Bruijn, S., Meijer, O., van Dieën, J., Kingma, I., & Lamoth, C. (2008). Coordination of leg swing, thorax rotations, and pelvis rotations during gait: The organisation of total body angular momentum. *Gait & Posture*, 27(3), 455-462. doi:https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.05.017
- Bustoni, I. A. (2020). Classification methods performance on human activity recognition. *Journal of Physics: Conference Series*, 012027.
- Campillo-Sánchez, P., & Gómez-Sanz, J. (2015). A framework for developing multi-agent systems in ambient intelligence scenarios. *Proceedings of the 2015 International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems* (págs. 1949-1950). Istanbul, Turkey: ACM. doi:https://dl.acm.org/doi/proceedings/10.5555/2772879
- Cárdenas, M., Gómez Sanz, J., & Pavón, J. (2018). Testing Ambient Assisted Living Solutions with Simulations. *IFIP International Conference on Testing Software and Systems* (págs. 56-61). Springer.
- Cugola, G., & Margara, A. (2012). Processing Flows of Information: From Data Stream to Complex Event Processing. *ACM Comput. Surv.*, 44(3), 15:1-15:62. doi:10.1145/2187671.2187677
- Eurostat. (08 de 10 de 2022). *European statistics*. Recuperado el 10 de 2022, de European statistics: https://ec.europa.eu/eurostat
- Ferreira, P. J.-M. (2020). k NN Prototyping Schemes for Embedded Human Activity Recognition with Online Learning. *Computers, MDPI*, 96.
- Grasia, R. G. (2014). *AIDE*. Obtenido de http://grasia.fdi.ucm.es/aide/
- Greenberg, S. (2001). Context as a dynamic construct. *Human-Computer Interaction*, 16(2), 257-268.
- Herr, H., & Popovic, M. (2008). Angular momentum in human walking. *Journal of experimental biology*, 211(4), 467-481.

- Hodgins, J., & Pollard, N. (1997). Adapting simulated behaviors for new characters. *Proceedings of the 24th annual conference on Computer graphics and interactive techniques* (págs. 153-162). ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co.
- Nardi, B. (1996). Studying context: A comparison of activity theory, situated action models, and distributed cognition. *Context and consciousness: Activity theory and human-computer interaction*, 69102.
- Priyadarshini, I. S.-N. (2022). Human activity recognition in cyber-physical systems using optimized machine learning techniques. *Cluster Computing, Springer*, 1-17.
- Rashidi, P., & Mihailidis, A. (2013). A survey on ambient-assisted living tools for older adults. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 17(3), 579-590.
- Safonova, A., Hodgins, J., & Pollard, N. (2004). Synthesizing physically realistic human motion in low-dimensional, behavior-specific spaces. *ACM Transactions on Graphics (ToG)*, 23, págs. 514-521. ACM.
- Sanmugalingam, K., & Coulouris, G. (2002). A generic location event simulator. *International Conference on Ubiquitous Computing*, (págs. 308-315).
- Shirehjini, N., Ali, A., & Klar, F. (2005). 3DSim: rapid prototyping ambient intelligence. *Proceedings of the 2005 joint conference on Smart objects and ambient intelligence: innovative context-aware services: usages and technologies* (págs. 303-307). ACM.
- Volonte, M. a.-C.-Y.-K. (2020). Effects of interacting with a crowd of emotional virtual humans on users' affective and non-verbal behaviors. *IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 293-302.
- Vrigkas, M., Nikou, C., & Kakadiaris, I. (2015). A review of human activity recognition methods. *Frontiers in Robotics and AI*, 2, 28.
- Zhou, F., Jiao, J., Chen, S., & Zhang, D. (2011). A Case-Driven Ambient Intelligence System for Elderly in-Home Assistance Applications. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 41(2), 179-189. doi:10.1109/TSMCC.2010.2052456

Efectos de las condiciones ambientales en la aceptación tecnológica de los vehículos autónomos a partir de un enfoque de simulación: Diseño preliminar de investigación

Environmental Conditions Effects on Technological Acceptance of Autonomous Vehicles from a simulation approach: A preliminary research design

Tatiana Ortegón-Sarmiento

Universidad de Granada
Granada, Andalucía, España
Université du Québec à Trois-Rivières
Trois-Rivières, Quebec, Canadá
tatiana.ortegon@uqtr.ca

Patricia Paderewski

Departamento de Lenguajes y Sistemas
Informáticos
Universidad de Granada
Granada, Andalucía, España
patricia@ugr.es

Francisco Gutiérrez-Vela

Departamento de Lenguajes y Sistemas
Informáticos
Universidad de Granada
Granada, Andalucía, España
fgutierr@ugr.es

Sousso Kelouwani

Département de Génie Mécanique
Université du Québec à Trois-Rivières
Trois-Rivières, Quebec, Canadá
sousso.kelouwani@uqtr.ca

Álvaro Uribe-Quevedo

Faculty of Business & IT
Ontario Tech University
Oshawa, Ontario, Canadá
alvaro.quevedo@ontariotechu.ca

Recibido: 12.10.2022 | Aceptado: 03.12.2022

DOI: <https://doi.org/10.65234/interaccion.77>

Palabras Clave

Aceptación tecnológica
Conciencia situacional
Estudios de usuario
Experiencia de usuario
Realidad virtual
Vehículos autónomos

Resumen

Diferentes avances han aparecido con la nueva era tecnológica y la transformación digital, destacándose los vehículos autónomos (VAs). La creciente visibilidad de estos ha dado paso a diversas investigaciones sobre la aceptación y percepción de esta tecnología, sin embargo, en muchas de estas, los participantes se basan únicamente en una creencia preconcebida ya que la mayoría no ha conducido o tenido contacto con este tipo de vehículo, debido a que los estudios de prueba con VAs reales son caros, peligrosos y poco éticos. La realidad virtual surge como una posible solución a este problema, ya que proporciona un entorno realista, seguro y controlado, en el que se pueden implementar diferentes situaciones viales y meteorológicas. En este artículo se presenta un diseño de investigación preliminar, basado en el Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM), que busca evaluar e inferir el nivel de aceptación de los VAs, así como el comportamiento de los usuarios a la hora de utilizarlos e interactuar con ellos. El estudio se basa en una simulación virtual inmersiva de un VA, donde el usuario es expuesto a una situación de riesgo en la que el vehículo es incapaz de reconocer el carril debido a dificultades meteorológicas.

Keywords

Technological acceptance
Situational awareness
User studies
User experience
Virtual reality
Autonomous vehicles

Abstract

Different advances have appeared with the new technological era and digital transformation, with autonomous vehicles (AVs) standing out. The growing visibility of these has given way to several investigations on the acceptance and perception of this technology, however, in many of these, the participants are based solely on a preconceived belief since most have not driven or had contact with this type of vehicle, because the test studies with real AVs are expensive, dangerous and unethical. Virtual reality is a possible solution to this problem since it provides a realistic, safe and controlled environment where different road and weather situations can be implemented. This paper presents a preliminary research design based on the Technology Acceptance Model (TAM), which seeks to assess and infer the level of acceptance of AVs and user behavior when using and interacting with them. The study is based on an immersive virtual simulation of an AV, where the user is exposed to a risky situation in which the vehicle cannot recognize the lane due to weather difficulties.

1. Introducción

El despliegue de los sistemas automatizados de conducción en las vías urbanas y carreteras ha avanzado en los últimos años gracias a las investigaciones en este campo de la tecnología automotriz, y a los avances en los sistemas de asistencia a la conducción. Estos últimos se están utilizando para la advertencia y evasión de choques.

La Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras (NHTSA) (Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras, 2022) ha especificado seis niveles de automatización de la conducción de vehículos, los cuales van desde el control totalmente manual para el nivel 0, hasta el control totalmente autónomo para el nivel más alto (Rödel, Stadler, Meschtscherjakov, & Tscheligi, 2014).

- Nivel 0 (asistencia momentánea al conductor): Este nivel corresponde al control totalmente manual del vehículo por parte del conductor. El sistema únicamente proporciona asistencia, como alertas o advertencias.
- Nivel 1 (asistencia al conductor): El vehículo dispone de un único sistema automatizado sencillo para ayudar al conductor, como la aceleración/frenado o la dirección. Este nivel requiere que el conductor humano supervise aspectos de la conducción.
- Nivel 2 (asistencia adicional): Consiste en los sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS) y comprende al menos dos funciones de control principales (por ejemplo, la aceleración/frenado y el centrado en el carril). En este nivel, el usuario es responsable de conducir el vehículo.
- Nivel 3 (automatización condicional): El vehículo puede realizar tareas dinámicas de conducción, como la planificación de maniobras o la respuesta a objetos y eventos en el camino, sin la supervisión constante del usuario. Sin embargo, el conductor debe ser capaz de responder adecuadamente a cualquier solicitud de intervención en caso de fallo del sistema (Sportillo, Paljic, & Ojeda, 2018).
- Nivel 4 (alta automatización): El vehículo puede realizar todas las actividades de conducción bajo determinadas circunstancias, y dentro de un área de servicio limitada. El conductor humano no necesita estar involucrado, ya que el vehículo es capaz de intervenir en caso de fallo del sistema, sin embargo, puede seguir anulando cualquier acción manualmente.
- Nivel 5 (automatización completa): En este nivel el vehículo es completamente autónomo, bajo todas las condiciones de carretera, y no requiere la atención del conductor humano.
- Desde el punto de vista tecnológico, el principal objetivo es que los vehículos autónomos comprendan el entorno que les rodea (Ko, y otros, 2021). Lo anterior, con el fin

de que puedan realizar numerosas tareas que ayuden a minimizar los errores humanos en la conducción, mientras operan en tráfico mixto y en todas las condiciones meteorológicas.

El reconocimiento de las marcas de carril, así como la atención al tráfico en los carriles laterales, son muy importantes en la conducción autónoma. Estas son clave para estimar de forma fiable la posición y la trayectoria del vehículo en relación con la carretera (Narote, Bhujbal, Narote, & Dhane, 2018). Sin embargo, son tareas críticas ya que dependen en gran medida de la percepción visual para interpretar el entorno circundante (Ko, y otros, 2021). Diversas variables, como el clima, los cambios de iluminación, otros vehículos o los cambios en la superficie de la carretera, pueden llegar a afectar su rendimiento en mayor o menor medida (Tang, Li, & Liu, 2021). De hecho, los accidentes por abandono involuntario del carril (Mohammed, y otros, 2020) se encuentran entre los más letales, con 13.000 víctimas mortales en Estados Unidos en el año 2015 (Penmetsa, Hudnall, & Nambisan, 2019).

Desde el punto de vista humano, se busca que las personas se sientan cómodas y seguras a la hora de utilizar e interactuar con los vehículos automatizados. Actualmente, a pesar del reconocimiento de la tecnología y su implementación, existe un porcentaje de la población que aún no confía en estos sistemas, teniendo cierta preocupación por no tener control sobre el volante. Según la encuesta de la Asociación Americana del Automóvil (AAA) de 2021, el 86% de los 1.010 encuestados en Estados Unidos tienen miedo o no están seguros de viajar en VAs completos (Edmonds, 2021). Esto se debe en parte al desconocimiento de los conductores, y a la falta de información sobre estas tecnologías. Según la AAA, los usuarios confiarían más en los coches de autoconducción si se familiarizaran con funciones como el aparcamiento automático (Isidore, 2016).

En la literatura se encuentran estudios donde se evalúa la escala de aceptación de los VAs entre diferentes tipos de usuarios. Sin embargo, muchos de ellos no incluyen un vehículo de autoconducción en el experimento, o en algunos, los participantes no han conducido o tenido contacto con uno de estos vehículos. Las evaluaciones presentadas se basan en la concepción que tienen los usuarios sobre esta tecnología (Koul & Eydgahi, 2018), o en imágenes, vídeos o lecturas presentadas previamente a los cuestionarios online realizados (Nees, 2016).

En este artículo se presenta el diseño de un estudio para la evaluación e inferencia del nivel de aceptación de los VAs y del comportamiento de los usuarios al utilizarlos e interactuar con ellos, mediante una simulación virtual inmersiva de un coche automatizado. Dentro de la simulación, el usuario debe reaccionar ante una situación de emergencia en la que el

vehículo es incapaz de reconocer el carril debido a la acumulación de nieve en la carretera.

2. Estado del arte

La creciente evolución de los sistemas automatizados de conducción ha conllevado a la realización de diversos estudios sobre la aceptación de este tipo de tecnología por parte de los usuarios. Con este propósito, Nees (Nees, 2016) desarrolló el cuestionario Self-driving Car Acceptance Scale (SCAS). Este se aplicó junto con dos situaciones hipotéticas que representaban una experiencia ideal y una realista de una persona con un vehículo de autoconducción durante los primeros meses de su adquisición. En el caso de la experiencia ideal, hubo un alto grado de aceptación por parte de los participantes. Este tipo de investigación permite conocer el punto de vista humano, sin embargo, en muchas de estas investigaciones el acercamiento del usuario a un VA es casi inexistente, ya sea por razones de seguridad o por limitaciones de recursos.

Las simulaciones ofrecen una alternativa para resolver estos problemas, abordando la falta de datos para el entrenamiento y la prueba de la tecnología mediante la generación de datos sintéticos (Jin, Swedish, & Raskar, 2018), (Johnson-Roberson, y otros, 2016). A su vez, facilitan la experimentación con los usuarios a través de situaciones controladas tanto reales como virtuales. Baltodano et al. (Baltodano, Sibi, Martelaro, Gowda, & Ju, 2015) exploraron la interacción entre un usuario y un vehículo automatizado con el fin de evaluar las actitudes y preocupaciones de los usuarios. Para el estudio, propusieron un entorno donde se simulaba un coche autónomo utilizando el método del Mago de Oz. La evaluación se realizó utilizando métodos cualitativos y cuantitativos a través de entrevistas y cuestionarios, y a partir de vídeos, donde evaluaron el tiempo de respuesta del usuario ante determinados eventos en la carretera.

Los diferentes esfuerzos centrados en proporcionar experiencias seguras a los usuarios en el ámbito de los VAs también han dado lugar a experiencias inmersivas utilizando métodos de simulación como la realidad virtual. Esta tecnología genera un entorno similar a la realidad proporcionando una sensación de inmersión, presencia y sentido de pertenencia al usuario a través de la estimulación sensorial (visual, auditiva, háptica, olfativa) y cognitiva.

La realidad virtual está adquiriendo una gran relevancia como herramienta para el entrenamiento, la investigación y las pruebas de los coches de autoconducción. Permite simular todo tipo de escenarios y situaciones de forma segura, controlada e interactiva, sin exponer a los usuarios a circunstancias peligrosas, a un coste asequible y en menos tiempo (Nascimento, y otros, 2019).

Considerando que los coches autónomos serán utilizados por usuarios no profesionales en un contexto en el que el tiempo y la seguridad son críticos (Zou, y otros, 2021), la realidad virtual se ha utilizado para que los usuarios tengan más confianza con el vehículo y el entorno. Con esta tecnología se puede mejorar la conciencia situacional, y entender cómo los usuarios responden a diferentes estímulos, con el fin de detectar posibles comportamientos peligrosos y de riesgo en la conducción (Sportillo, Paljic, & Ojeda, 2018). Así mismo, se pueden emplear experiencias inmersivas para enseñar a los conductores cómo interactuar con los vehículos y cómo reaccionar ante situaciones impredecibles (Nascimento, y otros, 2019).

Zou et al. (Zou, y otros, 2021) llevaron a cabo un estudio en el que evaluaron y compararon la experiencia de usuario al utilizar i) un simulador de VA con realidad virtual inmersiva, ii) un sistema estacionario con retroalimentación visual por pantalla y por head-mounted display (HMD), y iii) al aplicar la técnica del Mago de Oz en la carretera. Para el estudio, los autores utilizaron un diseño intra-sujetos, el cual incluyó diferentes cuestionarios de usuario para la evaluación. De los resultados se dedujo que el sistema era bien aceptado, útil, realista, inmersivo, seguro, asequible y económico, siendo una buena alternativa a los simuladores tradicionales.

De esta clase de estudios, se puede notar que la respuesta del usuario y la aceptación de este tipo de vehículo podría verse afectada si las simulaciones implican tareas de control o supervisión del vehículo. En respuesta a esto, se realizan investigaciones que utilizan la realidad virtual para estudiar el impacto de ciertas actividades no relacionadas con la conducción sobre el rendimiento del usuario cuando toma el control del vehículo autónomo (Nascimento, y otros, 2019). Estos estudios evalúan el tiempo de intervención del usuario, el tiempo de reacción de la mirada entre las actividades secundarias y la carretera, y el tiempo que tarda el usuario en agarrar el volante para recuperar el control (Sportillo, Paljic, & Ojeda, 2018).

En el estudio de Sportillo et al. (Sportillo, Paljic, & Ojeda, 2018) se desarrolló un programa de entrenamiento con realidad virtual para la adquisición de habilidades de interacción con un coche automatizado de nivel 3. Se evaluó el tiempo de reacción y de colisión, los niveles de estrés y confianza del usuario, y el realismo del entorno virtual. Estos resultados se compararon con los obtenidos al usar un manual de usuario y un simulador estacionario. El simulador de realidad virtual demostró ser una opción segura, fiable, portátil y rentable, y fue la preferida por los usuarios.

A partir de los estudios encontrados, se puede evidenciar que la realidad virtual es una opción potencial para la formación, las pruebas y la investigación de los vehículos autónomos.

Esta proporciona un entorno seguro, controlado y variado, sin los riesgos del mundo real (Nascimento, y otros, 2019).

La mayor parte de la investigación enfocada a la realidad virtual y los VAs está relacionada con el human-in-the-loop, principalmente con la relación entre los vehículos y los peatones o usuarios (Nascimento, y otros, 2019). Sin embargo, existe un vacío relacionado con los factores ambientales, y en como estos afectan o inciden en la aceptación o el rechazo de estos vehículos (Nees, 2016), en la interacción, la experiencia y en el comportamiento de los usuarios (Tran, Parker, & Tomitsch, 2021).

Hasta donde sabemos, muy pocas investigaciones han abordado la influencia de las condiciones meteorológicas y de carretera en la experiencia y el comportamiento de los usuarios, o en la intención de uso de esta tecnología de conducción (Pillai, 2017). Por lo general, las simulaciones son diurnas y en condiciones meteorológicas leves o templadas, lo que impide averiguar nuevos requisitos de diseño y su posible solución (Tran, Parker, & Tomitsch, 2021).

3. Método

El objetivo de esta investigación es inferir el nivel de aceptación de los vehículos autónomos a partir de la aplicación de un modelo de investigación basado en el TAM (Davis, 1989). De igual forma, se busca evaluar el

comportamiento del usuario al interactuar con un simulador inmersivo de vehículo autónomo bajo diferentes condiciones meteorológicas, y ante una situación de peligro.

Se propone la siguiente pregunta de investigación: ¿cuál es el impacto de las condiciones ambientales, y de la exposición a una situación de emergencia, en la intención de uso de un vehículo autónomo, y en el comportamiento del usuario al interactuar con este?

3.1 Modelo de investigación

Para alcanzar el objetivo de este estudio se construyó un modelo de investigación basado en el TAM y en la investigación de Koul y Eydgahi (Koul & Eydgahi, 2018), en la cual se evaluó el grado de adopción y aceptación de los autos sin conductor.

Como se presenta en la Figura 1, adaptamos el modelo general (Davis, 1989) a los vehículos autónomos, tomando sus variables base (utilidad percibida, facilidad de uso percibida e intención de uso) y añadiendo tres variables adicionales a evaluar: la seguridad percibida, la carga de trabajo percibida y el comportamiento del usuario en términos de ritmo cardíaco, dirección de la mirada y tiempo que tarda en agarrar el volante para recuperar el control en una situación de emergencia.

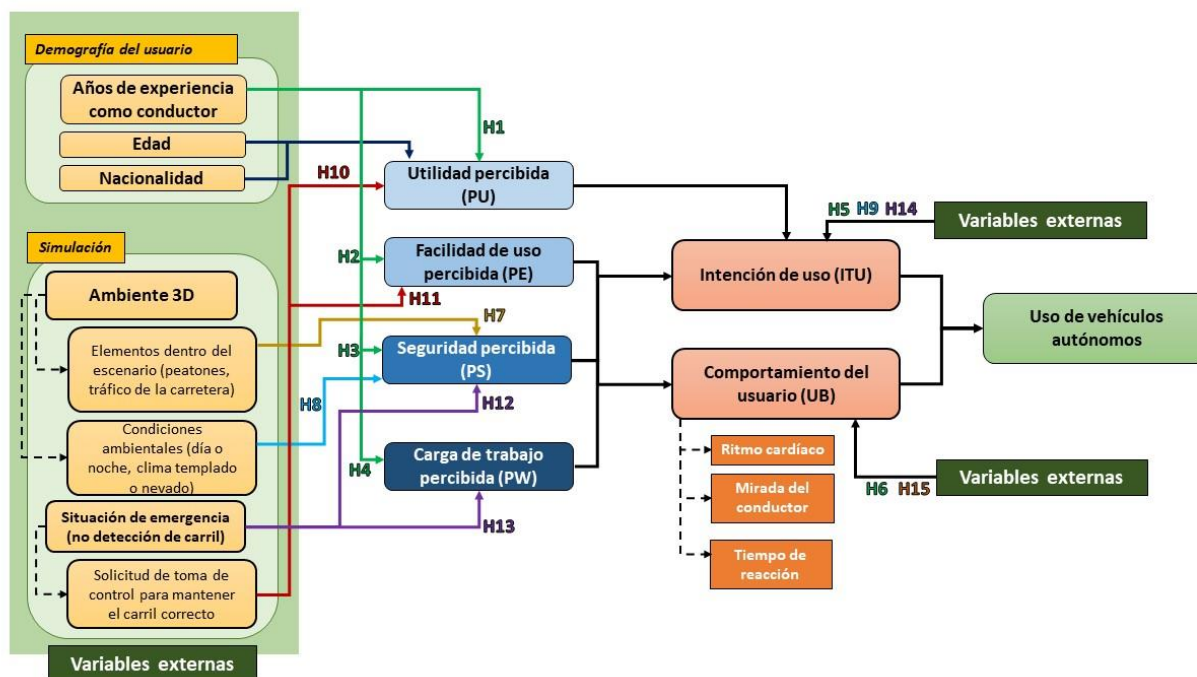


Figura 1: Modelo de investigación

En relación con las variables externas optamos por separarlas en dos grupos, como se observa en la Figura 1. Las variables relacionadas con i) los datos demográficos del usuario, y las relacionadas con ii) la simulación. En el primer grupo se incluyen los años de experiencia como conductor, la edad y la nacionalidad del usuario. El segundo grupo lo subdividimos en dos categorías i) el ambiente 3D, incluyendo los elementos dentro de este, como los peatones o el tráfico de carretera, y las condiciones meteorológicas, y ii) la situación de emergencia de no detección de carril por acumulación de nieve en la calle.

Respecto a las condiciones ambientales mencionadas en el modelo propuesto en la Figura 1, abordamos cuatro situaciones meteorológicas complejas para los vehículos, y los humanos a la hora de conducir, que se enumeran a continuación. La elección de estas situaciones meteorológicas se basó en el hecho de que en los países en los que el invierno conlleva nevadas, reconocer el carril es difícil porque la nieve lo cubre parcial o completamente. Esto hace necesaria la presencia de una persona en el interior del vehículo, la cual debe estar atenta y preparada para tomar decisiones y responder a determinadas situaciones inesperadas, como el retorno al carril correspondiente.

- Carretera diurna con clima templado
- Carretera diurna con nieve
- Carretera nocturna con clima templado
- Carretera nocturna con nieve

Igualmente, para el modelo de investigación formulado se definieron una serie de hipótesis, con el objetivo de

comprobarlas durante la realización del experimento. En la Figura 1, las hipótesis se ubicaron entre los elementos que representan las variables independientes y dependientes.

1. Existe una relación negativa entre los años de experiencia al volante y (H1) la utilidad percibida (PU), (H3) la seguridad percibida (PS), (H4) la carga de trabajo percibida (PW) y (H5) la intención de uso (ITU) de los vehículos autónomos.
2. Existe una relación positiva entre los años de experiencia en la conducción y (H2) la facilidad de uso percibida (PE) de los VAs y (H6) el comportamiento del usuario (UB) en una situación de emergencia del vehículo automatizado.
3. Los elementos del escenario, como los peatones u otros vehículos, tienen un impacto negativo en (H7) la PE de los VAs.
4. Las condiciones ambientales difíciles (nieve, noche) repercuten negativamente en (H8) la PS dentro del VA y en (H9) la ITU.
5. La solicitud de toma de control en caso de una situación de emergencia impacta negativamente (H10) la PU y (H11) la PE.
6. Experimentar una situación de emergencia dentro de un vehículo autónomo impacta negativamente en (H12) la PS, (H13) la PW y (H14) la ITU.
7. Las variables externas definidas influyen en el UB al interactuar con un VA (H15).



Figura 2: Grupos del estudio. (a) Grupo de control: no estará expuesto a la situación de emergencia, (b) Grupo 2: estará expuesto a situación de emergencia y deberá tomar control del vehículo para volver al carril, (c) Grupo 3: estará expuesto a la situación de emergencia, pero el vehículo corregirá el fallo.

3.2 Metodología

Para este estudio entre sujetos se utilizará una metodología experimental mixta. Los participantes se dividirán en tres grupos, como se observa en la Figura 2. Esto se hace con el objeto de evaluar cómo una emergencia vial y el entorno afectan al nivel de aceptación, a la intención de utilizar un VA y a la experiencia de usuario.

El primer grupo será el grupo de control. La situación ambiental para este grupo es la de la carretera con clima templado, por lo cual no estará expuesto a la situación de emergencia.

Contrario al grupo de control, el entorno del grupo 2 y del grupo 3 será la carretera con nieve, por lo cual estarán expuestos a la situación crítica. Esta situación consiste en que

el vehículo autónomo no es capaz de detectar el carril debido a la acumulación de nieve sobre la carretera, y por lo tanto tenderá a salirse del camino correcto. Cuando esto ocurra, el sistema les advertirá a los grupos, y les mostrará una señal de alerta. Para el grupo 2, el vehículo le solicitará la toma de control del volante para volver y mantener el carril correspondiente. Para el grupo 3, el mismo vehículo podrá corregir su fallo. Los tres grupos serán expuestos a escenarios de carretera tanto diurnos como nocturnos.

3.3 Arquitectura del sistema

Para una experiencia de realidad virtual completa, la simulación virtual inmersiva del vehículo autónomo está compuesta por un sistema visual, uno auditivo y uno háptico, como se observa en la Figura 3. Para la retroalimentación visual, se decidió utilizar un HMD, proporcionando así una inmersión estereoscópica. Se eligió el HP Reverb G2 Omnicept Edition (Hewlett-Packard Development Company

L.P., 2021), el cual tiene una resolución de 2160 x 2160 píxeles por ojo, y un amplio campo de visión de aproximadamente 114°. Como características adicionales, cuenta con un sistema de audio incorporado, y es capaz de capturar datos de usuario a través de los diferentes sensores que tiene incorporados. Estos sensores son útiles para este estudio ya que permiten evaluar la respuesta y el comportamiento del usuario. Entre ellos, se utilizan el sensor de pupilometría y seguimiento ocular, y el sensor de frecuencia cardíaca. A la vez, se usa el rastreador de movimiento para hacer un seguimiento del brazo del usuario y detectar cuando agarra el volante del vehículo.

Para una interacción y una experiencia de conducción realista entre el usuario y el vehículo autónomo, se optó por usar el juego de volante y pedales Logitech G29 (Logitech, 2015), el cual proporciona una retroalimentación de fuerza de motor dual y es compatible con el ordenador.

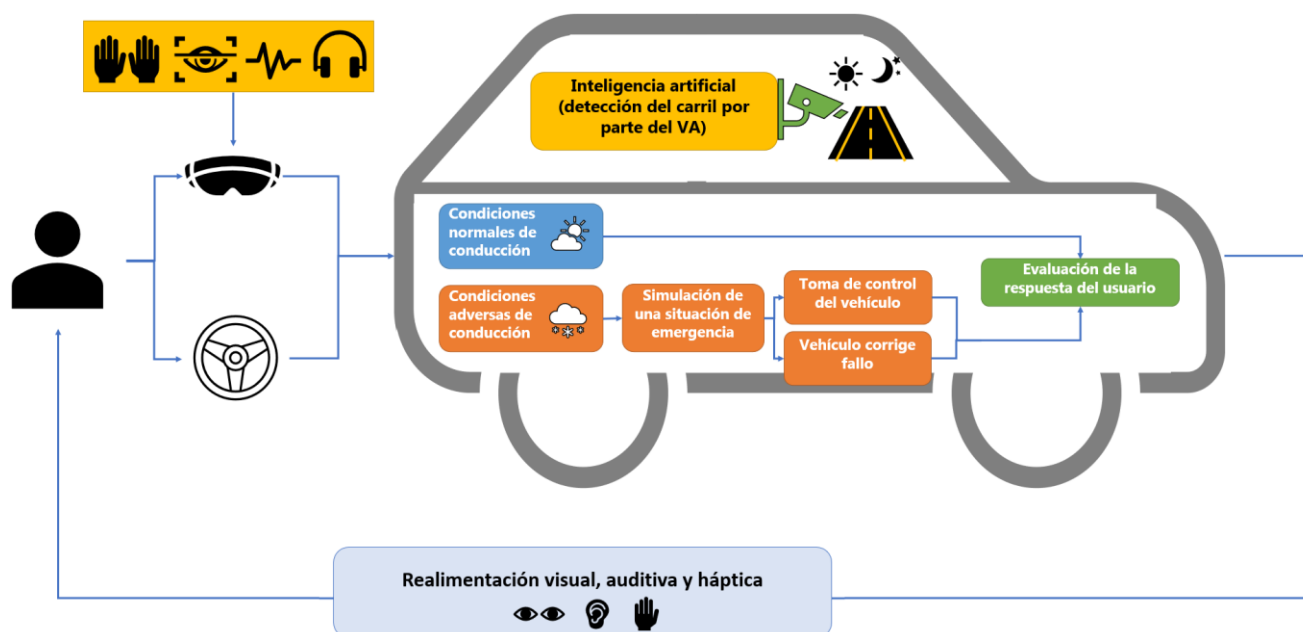


Figura 3: Arquitectura del sistema.

3.4 Simulador de vehículo autónomo inmersivo

La implementación del escenario de conducción virtual de un VA se realizó con el motor de juegos Unity 3D, dadas sus capacidades multiplataforma y de realidad virtual, y su compatibilidad con numerosos dispositivos.

El escenario corresponde al circuito de conducción del campus de la Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR), e incluye peatones y tráfico de vehículos para hacerlo más realista, como se observa en la Figura 4. La simulación también comprende diferentes horas del día, y caída de nieve para la situación de emergencia de la no detección de carril.



Figura 4: Simulación del tráfico de vehículos en el escenario virtual
Fuente: Modelo 3D del vehículo realizado por Boisclair (Boisclair, 2021).

Para la construcción del campus, que se observa en la Figura 5, se utilizó el software Blender junto con el Addon de OpenStreetMap (OSM) (Prochitecture, 2019), y algunas texturas de uso libre u obtenidas de fotografías de la universidad. Igualmente, se utilizaron modelos 3D no comerciales para los componentes de la escena.



Figura 5: Modelo 3D del campus de la UQTR. Creado con Blender¹ y con el complemento OpenStreetMap².

Respecto a la simulación de las condiciones ambientales en el entorno virtual, se optó por implementar un efecto de caída de partículas de nieve ligera en Unity 3D, con acumulación sobre la carretera. Se creó un sistema de partículas, y se ajustaron los parámetros de forma y tamaño de los copos de nieve, el área de cobertura de acuerdo al terreno, el número de partículas, la dirección y la velocidad de la caída de nieve. Para la acumulación de nieve sobre la carretera se habilitó la propiedad de colisión del sistema de partículas, fijando el valor de rebote en cero. Para que los copos no se deslicen, se fijó el valor de amortiguamiento en uno (Lmhpol, 2021). Al mismo tiempo, para la simulación de la emergencia vial, se decidió incluir nieve ya depositada cubriendo partes de la carrera, especialmente las líneas del carril.

4. Diseño experimental

El experimento se diseñó para obtener datos relacionados con la intención de uso de los vehículos autónomos, y con la experiencia de usuario y el comportamiento de este al interactuar con este tipo de vehículo bajo diferentes condiciones ambientales. Antes de comenzar el experimento, se realizará un pre-test a fin de conocer el concepto inicial que los participantes tienen sobre los vehículos autónomos. Después del pre-test los participantes se dividirán en tres grupos, y se definirán el grupo de control y los grupos de tratamiento. Antes de comenzar los experimentos, el facilitador explicará a los participantes la prueba, junto con el entorno y los diferentes controles del coche. Así mismo, les entregará el consentimiento informado en el que se especifica la descripción, los riesgos y los criterios de exclusión del experimento.

¹ <https://www.blender.org/>

² <https://prochitecture.gumroad.com/l/blender-osm>

4.1 Participantes

Para esta investigación se invitarán a participar de manera voluntaria a personas entre los 18 y 65 años de edad. Los criterios de exclusión incluirán ciertas condiciones médicas como la presión arterial alta, antecedentes de ataques cardíacos, epilepsia, mareos por movimiento y mareos inducidos por el simulador (Zou, y otros, 2021).

4.2 Planeación

Como se mencionó en la sección de método, el escenario del experimento corresponde al campus de la Université du Québec à Trois-Rivières. En la Figura 6 se presenta el recorrido que harán los participantes, cuya distancia es de aproximadamente 1 kilómetro. El tiempo del recorrido bajo condiciones normales es alrededor de cinco minutos, sin embargo, para los grupos de tratamiento, los cuales estarán expuestos a la condición de caída de nieve y a la situación de emergencia, el tiempo será de aproximadamente 10 minutos.



Figura 6. Circuito del experimento

El experimento se realizará en dos sesiones teniendo en cuenta que la evaluación de la experiencia de usuario puede requerir un tiempo más largo para lograr un nivel concreto de comportamiento y actitud, en comparación con la evaluación de la usabilidad (Riegler, Riener, & Holzmann, 2021). Entre una sesión y otra, la única variación que habrá será la hora del día dentro del ambiente (escenario diurno o escenario nocturno).

4.3 Cuestionarios

Durante el experimento se recolectarán tanto datos cuantitativos como cualitativos, para inferir a partir de estos el nivel de aceptación de los vehículos autónomos, y el efecto de las condiciones ambientales sobre este (Riegler, Riener, & Holzmann, 2021).

- Datos cuantitativos
 - Tiempo de reacción del usuario en agarrar el volante para recuperar el control del vehículo ante la situación de emergencia.
 - Tiempo que tarda usuario en regresar al carril correspondiente.
 - Dirección de la mirada.
 - Ritmo cardíaco.
- Datos cualitativos

- Carga de trabajo por medio del cuestionario NASA TLX.
- Enfermedad del simulador por medio del cuestionario SSQ (simulator sickness questionnaire).
- Experiencia de usuario por medio del cuestionario User Experience Questionnaire (UEQ). También se considera el cuestionario AttrakDiff.
- Cuestionario personalizado.
- La usabilidad del ambiente por medio del cuestionario System Usability Scale (SUS).

5. Conclusiones

Diferentes investigaciones han demostrado que muchas personas no se sienten seguras con los vehículos autónomos porque no tienen conductor. Sin embargo, en muchas de estas, los participantes entrevistados no han conducido, ni han tenido contacto real con un vehículo de este tipo. Los estudios terminan basándose únicamente en la creencia preconcebida de los participantes sobre esta tecnología.

La interacción entre el ser humano y los VAs necesita ser explorada más a fondo, con el fin de entender cómo estos vehículos son percibidos y aceptados por las personas (Zou, y otros, 2021) bajo diferentes condiciones de conducción. Teniendo esto en cuenta, este trabajo presenta un diseño de investigación preliminar para evaluar la aceptación tecnológica de los vehículos autónomos, a través de una simulación inmersiva. Dentro de esta, el usuario puede interactuar con el vehículo, mientras se evalúa su comportamiento durante una situación de conducción normal,

y durante una situación de riesgo. Para esta última, el vehículo no es capaz de reconocer el carril debido a condiciones meteorológicas difíciles, como la acumulación de nieve en la carretera.

Es importante conocer a tiempo el grado de aceptación, la intención de uso, la experiencia de usuario y el comportamiento de este al interactuar con los VAs. Conocer igualmente la influencia del entorno en estas variables, permite identificar e implementar posibles mejoras en este tipo de vehículos para que los usuarios se sientan seguros dentro de ellos, y para que su interacción sea más agradable y satisfactoria (Koul & Eydghi, 2018).

Como trabajo futuro, la investigación continuará con la realización del experimento, y con base en los resultados, se determinarán las posibles mejoras que se podrán incluir en los vehículos autónomos, en cuanto a interacción y conocimiento de la situación. Esto, para que los usuarios se sientan más seguros al interactuar con esta tecnología.

Agradecimientos

Este trabajo cuenta con el apoyo del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidad (MCIU), la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y la UE (FEDER) a través del contrato PERGAMEX-ACTIVE (RTI2018-096986-B-C32). También cuenta con el apoyo del FRQNT (Fonds de Recherche du Québec - Nature et Technologies), del Natural Science and Engineering Research Council of Canada, y del Canada Research Chair.

Referencias

- Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras. (2022). Vehículos Automatizados para la Seguridad. Obtenido de NHTSA: <https://www.nhtsa.gov/es/tecnologia-e-innovacion/vehiculos-automatizados-para-la-seguridad>
- Baltodano, S., Sibi, S., Martelaro, N., Gowda, N., & Ju, W. (2015). The RRADS Platform: A Real Road Autonomous Driving Simulator. *Proceedings of the 7th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (AutomotiveUI '15) (págs. 281–288). Nottingham, United Kingdom: Association for Computing Machinery, New York, NY, USA.
- Boisclair, J. (2021). 2017 Kia Soul EV 3D Model. Institut de recherche sur l'hydrogène (IRH) de l'Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières.
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340. doi:10.2307/249008
- Edmonds, E. (25 de Febrero de 2021). AAA: Today's Vehicle Technology Must Walk So Self-Driving Cars Can Run. Obtenido de AAA Newsroom: <https://newsroom.aaa.com/2021/02/aaa-todays-vehicle-technology-must-walk-so-self-driving-cars-can-run/>
- Hewlett-Packard Development Company L.P. (2021). HP Reverb G2 Omnicept Edition. Obtenido de <https://www.hp.com/us-en/vr/reverb-g2-vr-headset-omnicept-edition.html>
- Isidore, C. (2016). 75% de los conductores le tienen miedo a los vehículos autónomos. Obtenido de CNN: <https://cnnespanol.cnn.com/2016/03/09/75-de-los-conductores-le-tienen-miedo-a-los-vehiculos-autonomos/>
- Jin, Z., Swedish, T., & Raskar, R. (2018). 3d traffic simulation for autonomous vehicles in unity and python. *arXiv preprint arXiv:1810.12552*.
- Johnson-Roberson, M., Barto, C., Mehta, R., Sridhar, S. N., Rosaen, K., & Vasudevan, R. (2016). Driving in the matrix: Can virtual worlds replace human-generated annotations for real world tasks? . *arXiv preprint arXiv:1610.01983*.
- Ko, Y., Lee, Y., Azam, S., Munir, F., Jeon, M., & Pedrycz, W. (2021). Key Points Estimation and Point Instance Segmentation Approach for Lane Detection. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 1-10. doi:10.1109/TITS.2021.3088488

- Koul, S., & Eydgahi, A. (2018). Utilizing Technology Acceptance Model (TAM) for driverless car technology Adoption. *Journal of technology management & innovation*, 13(12), 37 – 46.
- Lmhpoly. (13 de Diciembre de 2021). How to Make a Falling Snow in Unity. Obtenido de YouTube: <https://youtu.be/4wzubisvcyI>
- Logitech. (2015). Logitech G920/G29. Obtenido de <https://www.logitechg.com/en-us/products/driving/driving-force-racing-wheel.html>
- Mohammed, A. S., Amamou, A., Ayevide, F. K., Kelouwani, S., Agbossou, K., & Zioui, N. (2020). The Perception System of Intelligent Ground Vehicles in All Weather Conditions: A Systematic Literature Review. *Sensors*, 20, 22. doi:10.3390/s20226532
- Narote, S. P., Bhujbal, P. N., Narote, A. S., & Dhane, D. M. (2018). A review of recent advances in lane detection and departure warning system. *Pattern Recognition*, 73, 216-234.
- Nascimento, A. M., Queiroz, A. C., Vismari, L. F., Bailenson, J. N., Cugnasca, P. S., Junior, J. B., & Almeida, J. R. (2019). The Role of Virtual Reality in Autonomous Vehicles' Safety. 2019 *IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR)*, (págs. 50– 57). doi:10.1109/AIVR46125.2019.00017
- Nees, M. A. (2016). Acceptance of Self-driving Cars: An Examination of Idealized versus Realistic Portrayals with a Self- driving Car Acceptance Scale. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 60, págs. 1449–1453. doi:10.1177/1541931213601332
- Penmetsa, P., Hudnall, M., & Nambisan, S. (2019). Potential safety benefits of lane departure prevention technology. *IATSS Research*, 43(1), 21-26. doi:10.1016/j.iatssr.2018.08.002
- Pillai, A. (2017). Virtual Reality based Study to Analyse Pedestrian Attitude towards Autonomous Vehicles. Master's thesis. Aalto University. School of Science. Obtenido de <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201710307409>
- Prochitecture. (2019). OpenStreetMap and Terrain for Blender. Obtenido de <https://prochitecture.gumroad.com/l/blender-osm>
- Riegler, A., Riener, A., & Holzmann, C. (2021). A Systematic Review of Virtual Reality Applications for Automated Driving: 2009–2020. *Frontiers in Human Dynamics*, 3(689856), 1-29.
- Rödel, C., Stadler, S., Meschtscherjakov, A., & Tscheligi, M. (2014). Towards Autonomous Cars: The Effect of Autonomy Levels on Acceptance and User Experience. *Proceedings of the 6th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI '14)*. (págs. 1-8). Seattle, WA, USA: Association for Computing Machinery, New York, NY, USA. doi:10.1145/2667317.2667330
- Sportillo, D., Paljic, A., & Ojeda, L. (2018). Get ready for automated driving using virtual reality. *Accident Analysis & Prevention*, 118, 102-113.
- Tang, J., Li, S., & Liu, P. (2021). A review of lane detection methods based on deep learning. *Pattern Recognition*, 111, 107623. doi:10.1016/j.patcog.2020.107623
- Tran, T. T., Parker, C., & Tomitsch, M. (2021). A Review of Virtual Reality Studies on Autonomous Vehicle–Pedestrian Interaction. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 51(6), 641–652. doi:10.1109/THMS.2021.3107517
- Zou, X., O'Hern, S., Ens, B., Coxon, S., Mater, P., Chow, R., . . . Vu, H. L. (2021). On-road virtual reality autonomous vehicle (VRAV) simulator: An empirical study on user experience. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 126, 103090. doi:10.1016/j.trc. 2021.103090

Desarrollo y evaluación de un simulador de RV para la valoración obstétrica de cérvix y fontanelas

Development and evaluation of a VR simulator for the obstetric assessment of cervix and fontanelles

Carolina Ordoño López
Instituto de Investigación en
Informática de Albacete (I3A)
Univ. de Castilla-La Mancha
Albacete, España
carolina.valverde@hotmail.es

José Pascual Molina Massó
Instituto de Investigación en
Informática de Albacete (I3A)
Univ. de Castilla-La Mancha
Albacete, España
josepascual.molina@uclm.com

Ana Belén García Bravo
Servicio de Salud de Castilla-La
Mancha (SESCAM)
Albacete, España
abgarcia@sescam.jccm.es

Recibido: 12.10.2022 | Aceptado: 03.12.2022

DOI: <https://doi.org/10.65234/interaccion.78>

Palabras Clave

Realidad Virtual
Tacto
Háptico
Simulador
Obstetricia

Resumen

Este trabajo describe el desarrollo y evaluación de un simulador de Realidad Virtual para el entrenamiento de la técnica de exploración en el campo de la Obstetricia. El simulador se ha basado en un dispositivo háptico Novint Falcon que permite al usuario sentir la fuerza que produce tocar un objeto virtual. En concreto, este trabajo se ha centrado en la exploración que realizan las matronas para localizar las fontanelas en la cabeza del feto y así averiguar su orientación, clave para conocer la presentación del feto y adelantarse a posibles complicaciones. Así, permite entrenarse en todos los modos y orientaciones de las presentaciones cefálicas, y tiene un modo aleatorio que facilita el uso sin supervisión a modo de autoevaluación. Este desarrollo se ha llevado a cabo usando la metodología TRES-D, que parte de características de otras metodologías para el desarrollo de interfaces tradicionales y añade aquellos aspectos necesarios para la creación de interfaces como las de Realidad Virtual. En el desarrollo se ha contado con la colaboración de una matrona para validar cada avance, y tras el mismo ha sido evaluado por otras cuatro matronas que han corroborado la fidelidad del simulador y constatado su potencial.

Keywords

Virtual Reality
Touch
Haptics
Simulator
Obstetrics

Abstract

This paper describes the development and evaluation of a Virtual Reality simulator for the training of the examination technique in the field of Obstetrics. The simulator is based on a Novint Falcon haptic device that allows the user to feel the force produced by touching a virtual object. Specifically, this work has focused on the digital vaginal examination carried out by midwives to look for the fontanelles in the foetal head and thus find out its orientation, which is key to know the presentation of the foetus and anticipate possible complications. Thus, the simulator allows training cephalic presentations in all its modes and orientations and, as an additional feature, it has a random mode that facilitates its use by a student without supervision as a self-assessment. This development has been carried out using the TRES-D methodology, which is based on the characteristics of other methodologies for the development of traditional interfaces and adds those aspects necessary for the creation of interfaces such as VR ones. A midwife was involved in the development process to validate each progress, and after that it was evaluated by another four midwives that have checked its fidelity and assessed its potential.

1. Introducción

En las horas previas a un parto, la matrona comprueba con sus propios dedos el estado del cuello del útero de la madre y la presentación del bebé, para saber cuándo la mujer estará lista

para dar a luz y si el parto será eutócico (que no requiere instrumentación) o instrumental. El bebé sólo podrá salir si expone su menor diámetro craneal al paso por los huesos de la pelvis materna, por lo que cualquier otra presentación puede hacer necesaria la ayuda de instrumentos -un parto

instrumental- o incluso cirugía -una cesárea-. La exploración que realiza la matrona resulta, por tanto, de gran valor para dirigir el parto hacia un buen final. Por esa razón, es de gran importancia que en su etapa de formación aprendan de forma adecuada a ejecutar la técnica de exploración y a reconocer lo que sus dedos están tocando.

El problema de formar a las futuras matronas en esta técnica es que la zona a explorar no está a la vista, por lo que el aprendizaje se basa tradicionalmente en un conocimiento teórico de la anatomía de la mujer y del bebé, en el entrenamiento con modelos físicos que reproducen dicha anatomía (véase Fig. 1), y finalmente en la práctica real con embarazadas que se encuentran en trabajo de parto. Este enfoque tradicional tiene sus limitaciones, y es que los entrenadores físicos ofrecen la posibilidad de cambiar piezas para preparar sólo un número discreto de situaciones, y las mujeres embarazadas pueden verse incomodadas por las exploraciones que las estudiantes hagan en una zona tan íntima para ellas.



Figura 1: Entrenador usado en la Unidad Docente de Matronas del Complejo Hospitalario Universitario de Albacete.

La Realidad Virtual puede ayudar a formar las matronas en esta técnica concreta, como ya se hace en muchos otros ámbitos de aplicación, por ejemplo en la formación de pilotos con simuladores de vuelo, y en particular en el campo de salud, como en el entrenamiento de médicos en operaciones quirúrgicas, mejorando su habilidad y dominio. El uso de un entrenador de Realidad Virtual para el entrenamiento de matronas en la técnica de palpación tendría dos grandes ventajas. La primera es que permitiría multiplicar el número de situaciones que puede encontrar la matrona con respecto a los entrenadores físicos, que vienen limitados por el número de piezas distintas que traen y las posiciones en las que éstas se pueden colocar. La segunda es que no sólo podría complementar, sino que podría llegar a desplazar parte del entrenamiento con pacientes reales, como en fases tempranas del aprendizaje donde hay más dudas y repeticiones, mitigando así las molestias que ocasionan a las embarazadas en momentos tan trascendentales. Aparte, el empleo de un

ordenador permitiría un mejor seguimiento del entrenamiento de la matrona, podría programarse un plan de formación para cada una, individualizado, registrando los casos que ha practicado, cuándo y cuántas veces, y a partir del análisis de actividad se podrían sugerir nuevos casos o la repetición de otros según el tiempo transcurrido o la frecuencia. Todo contribuiría a mejorar considerablemente la curva de aprendizaje de las estudiantes.

El presente trabajo aborda entonces el desarrollo de un simulador háptico de Realidad Virtual en el que las futuras matronas puedan practicar, de la forma más realista posible, la técnica de exploración vaginal tantas veces como sea necesario sin incomodar a ninguna mujer embarazada. Este artículo está estructurado de la siguiente forma: tras esta introducción, se realiza un breve repaso de la tecnología de retorno táctil (háptica) seguida de un análisis de otros trabajos previos relacionados con la propuesta que aquí se presenta (apartados 2 y 3); después, ya en el apartado 4, se explica con más detalle la técnica de palpación de las fontanelas, para dar paso en el apartado 5 a la descripción del desarrollo del simulador con la metodología TRES-D; el apartado 6 ilustra su uso, y en el 7 se aborda su evaluación; finalmente, en el apartado 8 se exponen las limitaciones y retos que aún conlleva crear un simulador así, para finalmente terminar el artículo con un apartado dedicado a las conclusiones y los trabajos futuros que se plantean a partir de este.

2. Dispositivos hápticos

La Realidad Virtual, como campo, reúne un conjunto de tecnologías y técnicas con las que se pueden simular desde simples objetos a entornos más complejos que el usuario puede sentir a través del engaño de sus sentidos, puede ver, oír y tocar, sumergirse e interaccionar. La imagen que suele venir a la memoria al hablar sobre Realidad Virtual es la de un usuario con un visiocasco (*Head Mounted Display* o HMD) en la cabeza y unos guantes de datos o unos mandos de control en las manos. El caso que nos preocupa se aleja de ese estereotipo, pues las matronas no ven en el mundo real lo que están palpando y no necesitarían, por tanto, ningún visiocasco. En esta ocasión, el único sentido a engañar es el tacto, a través del uso de los llamados dispositivos hápticos.

El sentido del tacto, frente a otros sentidos como la vista o el oído, es mucho más complejo y difícil de engañar, pues es la suma de muchos y variados receptores repartidos por todo nuestro cuerpo, aunque es en las manos y más en las yemas de los dedos donde más atención se presta, por la importancia que tiene para el ser humano poder alcanzar con la mano los objetos y sentir lo que toca. Como decía (Russell, 2009) “...es el tacto lo que nos proporciona el sentido de ‘realidad’... toda nuestra concepción de lo que existe fuera está basado en el sentido del tacto”. La tecnología háptica es aquella que ofrece

una estimulación al sentido del tacto del usuario mediante sensores táctiles, donde es más importante la distribución espacial que la fuerza, y el retorno de fuerza o cinestésico, que interviene cuando la mano coge un objeto o se hace presión sobre él para percibir su dureza.

Uno de los dispositivos hápticos más conocidos y usados en el ámbito de la simulación en ciencias de la salud es el Phantom, desarrollado por la compañía Sensable y comercializado actualmente por 3D Systems (3DSystems, 2022). El nombre de Phantom hace, en realidad, referencia a una familia de dispositivos de retorno de fuerza (*force-feedback*) basados en un brazo robot que también ofrece cierta respuesta táctil, con diferentes fuerzas máximas y volúmenes de trabajo. La Fig. 2 muestra uno de los modelos de esta familia, en concreto un Phantom Premium.



Figura 2: Dispositivo háptico Phantom Premium.

3. Trabajos relacionados

El examen por tacto (palpación) es una herramienta muy usada por los profesionales sanitarios (enfermeras, matronas y médicos) que consiste en presionar con los dedos un área de interés para localizar y/o analizar algo bajo la piel del paciente, o para sentir la presencia o ausencia de características o alteraciones anatómicas y/o fisiológicas. Existen diferentes técnicas de palpación, que pueden ser usadas para diagnóstico del paciente o para guiar otra operación, y pueden requerir un único dedo (*single finger*) o varios (*multi-finger*). Por ejemplo, el examen con el dedo índice se usa para el diagnóstico de alteraciones en tumores de próstata, y se usan varios dedos para diagnosticar problemas en el abdomen, pecho, cuello, colon, espalda, rodilla o pierna. El examen con varios dedos manipulando simultáneamente es todo un reto a la hora de implementarlo en un simulador médico, por lo que es usualmente ignorado y, cuando se incluye, se hace simplificando enormemente la manipulación (Coles et al., 2011a).

Muchos de los simuladores virtuales de tacto y palpación que pueden encontrarse en la literatura hacen uso de los más

tradicionales dispositivos hápticos basados en motores eléctricos, como la familia de dispositivos Phantom. Uno de los primeros ejemplos de este tipo de simuladores virtuales es un simulador de exploración de rodilla que se basaba, sin embargo, en un guante Rutgers Master con realimentación de fuerza (Langrana et al., 1994). Existen muchos más ejemplos como los que recopilan (Coles et al., 2011a) (Ribeiro et al., 2017) y (Talhan y Jeon, 2017) en sus respectivas revisiones de simuladores hápticos en el campo de la medicina, y en particular para las técnicas de tacto y palpación. Aquí se repasarán aquellos más relacionados con la técnica de examen obstétrico que es objeto de este trabajo.

(Burdea et al., 1999) presenta un simulador de Realidad Virtual dirigido al entrenamiento en diagnóstico de cáncer de próstata. El prototipo está compuesto por una interfaz háptica Phantom que proporciona realimentación al dedo del usuario, una estructura que restringe los movimientos y una estación de trabajo SGI para renderizar la anatomía del paciente. Para el estudio, se desarrollaron varios modelos distintos de próstatas para varios casos particulares. Para el proyecto contaron con la colaboración de un urólogo que determinó el nivel de dureza cuando se producía un contacto para conseguir que los modelos fueran más “reales”. El estudio confirmó que los estudiantes se encontraban más cómodos utilizando este simulador ya que realizaban su diagnóstico sobre un modelo virtual sin las molestias que supone para un paciente real. Otra de las conclusiones que obtuvieron es que, a causa de la tecnología de ese momento, el dispositivo permitía la interacción con los modelos con un solo punto de contacto, mientras que la punta del dedo es un área con múltiples puntos de contacto.

En el campo de la medicina veterinaria, el simulador HOPS (Horse Ovary Palpation Simulator) (Crossan y Brewster, 2001) (Crossan et al., 2002), desarrollado en la Universidad de Glasgow, permite palpar virtualmente los ovarios de una yegua usando también un dispositivo Phantom. En la senda del trabajo anterior, el mismo grupo de Glasgow desarrolló un simulador para el examen rectal en vacas (*bovine rectal palpation*), usando un Phantom Premium 1.5 con un dedal (*thimble*) dentro de un modelo de fibra de vidrio de una vaca (Virtalis, 2022). Este examen rectal se usa para el diagnóstico de embarazo y examen de fertilidad, y forma parte de la rutina de trabajo de los veterinarios con estos animales. Con el objeto de proporcionar un complemento a los métodos de enseñanza tradicionales, en (Baillie et al., 2003) (Baillie et al., 2005a) (Baillie et al., 2005b) se presentan las primeras evaluaciones con este sistema, donde el simulador demuestra su capacidad para destreza la habilidad de los estudiantes de veterinaria con esta técnica, y también como guía para mejorar esa habilidad. En (Baillie et al., 2010) se describe la evolución del anterior trabajo, proporcionando ayudas adicionales a los estudiantes como la corrección de sus movimientos y estímulos sonoros, haciendo innecesaria la presencia del instructor durante el entrenamiento.

SIMone (Obst et al., 2004) es un simulador que recrea situaciones complicadas de parto donde pueda ser requerida la utilización de instrumental, como el fórceps, instrumento con el que se apresa a la cabeza del feto y se tira de él para ayudar al parto. En este caso, el estudiante usa instrumental real y opera sobre un modelo de silicona que reproduce la anatomía de la madre y la cabeza del bebé. Es esta cabeza la que está conectada a un dispositivo háptico, que el sistema utiliza tanto para recoger e interpretar datos como para generar la respuesta de fuerza y el avance del bebé ante la operación del estudiante. Se trata de un producto comercial, totalmente desarrollado, que en el momento de escribir estas líneas está a la venta por unos 43 mil euros.

(Machado y Moraes, 2006) (Moraes et al., 2006) presentan el simulador SITEG, un sistema basado en Realidad Virtual para ayudar en el aprendizaje de patologías que, como el Herpes y el papiloma humano (HPV), son las más comúnmente relacionadas con el desarrollo de células cancerosas. El sistema permite simular el examen ginecológico en sus dos fases, una visual en la que se usa un espéculo para observar el color y la textura en vagina y cérvix, y otra en la que se usa el tacto de un dedo como instrumento para examinar y buscar consistencias que delaten la presencia de las citadas patologías. Para el examen visual, los autores recurren a imágenes estereoscópicas, y para la exploración con un dedo recurren al dispositivo háptico Phantom Omni, el más pequeño de la familia Phantom.

La principal diferencia de este último trabajo y el nuestro se encuentra, precisamente, en que el objeto del éste no es el examen ginecológico sino el obstétrico, centrándonos especialmente en el cuello del útero de la madre y las fontanelas del cráneo del feto, palpando no sólo la dureza de un único elemento como es la pared vaginal sino distintos elementos con durezas variadas y, además, tratando de identificar formas y tamaños.

En (Oliver et al., 2022) detallamos nuestro primer trabajo en el que abordamos la construcción de un simulador obstétrico como el que aquí se presenta, solo que entonces se hizo con un dispositivo Phantom Premium (mostrado en la Fig. 2) y su software OpenHaptics. Precisamente, en ese otro trabajo encontramos respuestas inesperadas e indeseadas del dispositivo allá donde confluían superficies de distinta dureza, a lo que se pudo dar una solución pero aún se podría mejorar. Más allá de las dificultades técnicas que se dan, el alto coste de este dispositivo y de otros modelos de la familia, desde miles de euros de los más sencillos a decenas de miles de euros de los más complejos, podría dificultar su adopción en las Unidades Docentes de Matronas. Por esta razón, en el presente trabajo se retoma la idea con un dispositivo mucho más económico, el Novint Falcon, con un precio de US\$499 en el momento de escribir estas líneas, y que se detallará más adelante.

Hasta donde sabemos, no hay más trabajos en la literatura que aborden ideas similares a la aplicación que aquí se ha desarrollado. En la revisión bibliográfica recogida en (Ribeiro et al., 2017), no se encuentran referencias adicionales a las ya mencionadas, y posterior a ese año tampoco las hemos encontrado nosotros. Más adelante, en la sección “Limitaciones y trabajos futuros”, se retomará esa misma revisión para hablar de otro reto al que nos enfrentamos en el desarrollo de este entrenador, que es la interacción háptica con más de un punto de contacto, y se comentarán otros trabajos en ese sentido.

4. Palpación de fontanelas en la exploración obstétrica

La exploración a través del tacto que realizan las matronas persigue, por un lado, determinar la fase de parto en la que se encuentra la gestante a través de cinco signos: el estado del cuello uterino o cérvix (borramiento, dilatación y consistencia), posición del propio cérvix y plano de Hodge (grado de encajamiento del feto en el canal del parto) (González Merlo, 2006). Por otro lado, si el estado del cuello uterino permite llegar hasta el feto, las matronas usan de nuevo el tacto para intentar localizar las fontanelas de la cabeza del feto con el fin de determinar la presentación de éste y así adelantarse a las posibles complicaciones del parto. El presente trabajo se centra principalmente en dar solución a esta última tarea, ya que puede realizarse utilizando únicamente un dedo. En los siguientes párrafos se dan los detalles necesarios para su mejor comprensión.

La bóveda craneal está compuesta por: 2 huesos frontales, 2 parietales, el occipital, los temporales y las alas del esfenoides. En el feto, estos huesos no están aún soldados entre sí sino que permanecen unidos por membranas denominadas suturas; y en los lugares donde confluyen las suturas existen unos espacios irregulares, cerrados también por una membrana, denominadas fontanelas (véase Fig. 3). Destacamos dos de estas fontanelas:

- Fontanela mayor, romboidal. Está situada en la parte anterior del cráneo. Se halla en la unión de la sutura sagital y las suturas coronarias, entre cuatro huesos, lo que le da esa forma romboidal. Recibe también otras denominaciones: sincipucio o bregmática.
- Fontanela menor, triangular. Está situada en la parte posterior del cráneo. Se halla en la unión de la sutura sagital y las suturas lambdoideas, entre tres huesos, lo que le da esa forma triangular. Recibe también distintas denominaciones: occipucio, vértice o lamboidea.

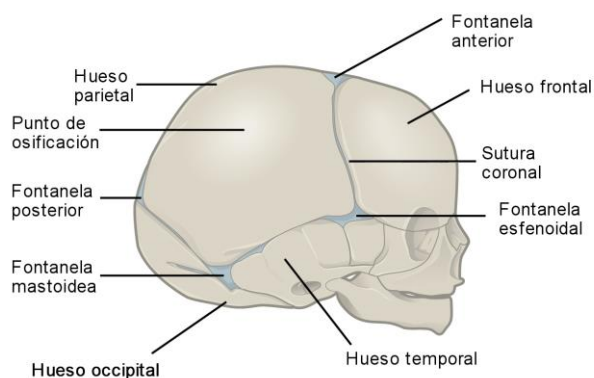


Figura 3: Fontanelas anterior (mayor, romboidal) y posterior (menor, triangular) en el cráneo de un recién nacido (Fuente: Creative Commons, autor: OpenStax College).

Las suturas y fontanelas son puntos de referencia anatómicos que permiten orientar por el tacto sobre la convexidad lisa del cráneo y reconocer la posición fetal en relación con la pelvis (Fig. 4). Para localizar las fontanelas mayor y menor, la matrona usa normalmente un dedo en la exploración, palpando la bóveda y guiándose por las suturas si las encuentra. Si llega a palpar una de las fontanelas, la matrona usará entonces la sutura que comunica con la otra, la sutura sagital, como guía o camino para intentar llegar a esa otra. En otros casos, la matrona podría encontrar que el bebé está asomando la cara y tocarle un ojo o la nariz, por ejemplo.

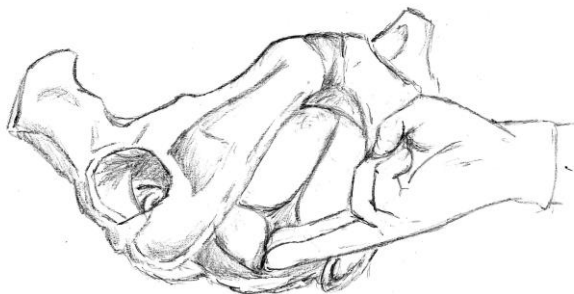


Figura 4: Palpando las fontanelas.

Conocer qué diámetro de la cabeza es el que el feto enfrenta al canal expulsivo, así como la orientación de la propia cabeza, resulta de gran importancia para el éxito del parto, que continúe como un parto eutócico, que sea necesario recurrir a ayudas y sea un parto instrumental, o incluso que requiera una intervención quirúrgica (cesárea). Así, una presentación de cara resulta muy complicada para que la madre de a luz a su bebé de forma eutócica, y para cualquier presentación que requiera el uso de instrumental (fórceps, ventosa) el ginecólogo necesita saber la orientación del feto para poder agarrar su cabeza por donde no le pueda lesionar.

Cuando el feto tiene la cabeza bien flexionada, con el mentón en pecho, el diámetro que presenta de adaptación a la pelvis es

el menor, llamado diámetro suboccipitobregmático (rodea la coronilla pasando por la fontanela mayor o bregmática), que mide 9,5 cm. En esta presentación, la matrona debería encontrar al palpar la fontanela menor (posterior, triangular). Si se localizase la fontanela mayor, el diámetro que se presentaría en relación a la pelvis materna sería el occipitofrontal (12 cm), mostrando la cabeza ligera deflexión. Sin embargo, el mayor diámetro es el occipitomentoniano (pasa por la coronilla y el mentón), que mide 13,5 cm; aquí la matrona palparía parte de la fontanela mayor (anterior o romboidal), ubicándose el punto guía en la sutura metópica. Esta situación es la de peor pronóstico, siendo imposible el parto por vía vaginal a no ser que la presentación evolucione a una presentación de cara (punto guía en el mentón).

En cuanto a la orientación, dentro de la presentación cefálica se distingue entre orientación a izquierda y orientación a derecha, según el feto se encuentre orientado hacia su izquierda o hacia su derecha, que al ser una presentación cefálica coincidiría con la izquierda o la derecha de la matrona que asiste el parto, no la de la madre. También se distingue entre presentación posterior (con la cara mirando hacia arriba), transversa (hacia un lado) y anterior (hacia abajo); esta última orientación se prefiere a las demás pues facilita el parto, con las otras se intentaría que el feto rotara a anterior para que la cara terminara mirando también hacia abajo (véase Fig. 5).

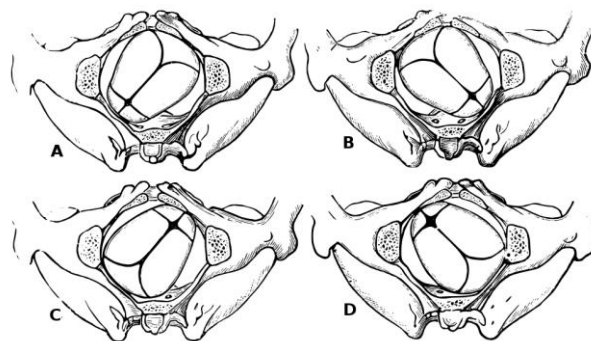


Figura 5: Diferentes orientaciones de la cabeza del feto (Fuente: Creative Commons, autor: no se proporciona).

En la Fig. 6 se reproduce la parte del formulario (partograma) que usan las matronas del Complejo Hospitalario Universitario de Albacete donde se recoge la orientación de la cabeza del feto en una presentación cefálica, con un cuadro para las presentaciones a izquierdas y otro para las derechas.

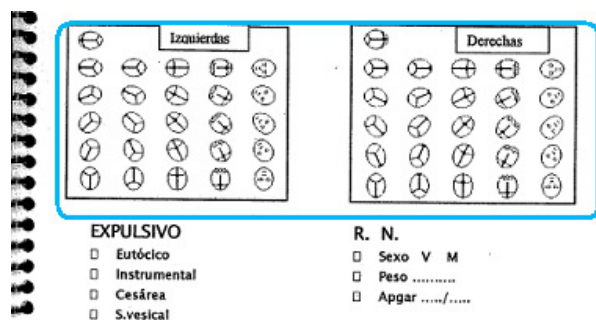


Figura 6: Orientaciones a izquierdas y derechas en un partograma.

5. Método y desarrollo

Para el desarrollo de este trabajo se ha seguido la metodología TRES-D, propuesta en (Molina, 2008), ya que es una metodología que está dirigida a la creación de interfaces tridimensionales, como lo es el simulador que aquí se presenta. La metodología TRES-D parte de características de otras metodologías para el desarrollo de interfaces tradicionales y añade aquellos aspectos necesarios para la creación de interfaces como las de Realidad Virtual. Además, la hemos usado anteriormente con éxito en el desarrollo de otras aplicaciones de Realidad Virtual (Molina et al., 2006).

La metodología, como se observa en la Fig. 7, propone fases previas al diseño que tienen por fin identificar los requisitos que debe cumplir la interfaz, además de presentar el problema y realizar un análisis del mismo. Se puede observar que cuando se introduce en el diseño, se producen dos líneas de trabajo paralelas, por un lado las tareas e interacciones y por otro la creación de los objetos tridimensionales. En nuestro caso, también se ha diferenciado entre una parte que corresponderá a una interfaz 2D tradicional, compuesta por una serie de formularios, y la interfaz tridimensional correspondiente a la simulación.

Cabe también resaltar que no sólo tras la implementación se produce una fase de pruebas, sino que tras la fase de diseño se producirán validaciones de prototipos en papel y otras pruebas para determinar parámetros de la interfaz háptica, con el fin de hacer partícipes del proceso de desarrollo a los futuros usuarios.

5.1 Estudio previo

El sistema está dirigido principalmente a alumnas de obstetricia y matronas para dotar de un método diferente y novedoso en su enseñanza. La funcionalidad básica del sistema ha de ser simular diferentes casos que se pueden dar en los momentos prepartos, permitiendo la exploración de dichos casos mediante un dispositivo háptico. El sistema podría ser usado por una alumna bajo la supervisión de una docente, pero también se

quiere dar la opción de que la alumna lo pueda usar de forma autónoma, y para ello es posible tanto elegir qué situaciones se desean simular como la elección de un modo aleatorio a modo de autoevaluación. Durante todo el proceso se ha contado con la ayuda de una matrona que ha aportado su conocimiento experto para guiar el desarrollo y validar lo implementado.

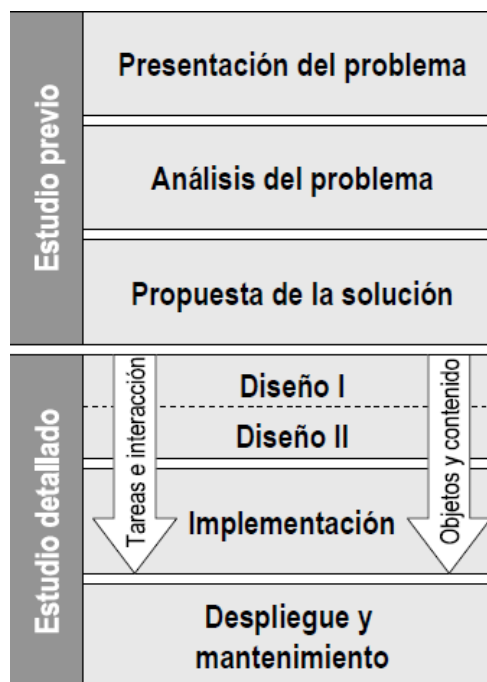


Figura 7: Fases de la metodología TRES-D.

Para este trabajo se ha optado por el dispositivo háptico Novint Falcon (HapticsHouse, 2022), especialmente por su reducido coste comparado con otros dispositivos del mercado, buscando así ofrecer una solución lo más asequible posible. Este dispositivo consta de tres brazos motorizados que se mueven dentro y fuera del cuerpo, unidos a un efector final intercambiable. Este efector final tiene forma de bola, aunque puede ser sustituido por otro, como por ejemplo la empuñadura de una pistola para juegos de acción. La computadora puede realizar un seguimiento de los movimientos del efector a través del espacio en tres dimensiones, así como generar fuerzas de salida para dar una sensación realista del tacto, que puede incluir superficies y texturas y efectos de juego como retrocesos y fuerzas de impacto. El dispositivo es capaz de simular la sensación de los objetos con una precisión submilimétrica y se actualiza con mucha rapidez, lo que hace que la experiencia sea muy suave. En una de las primeras entrevistas con la matrona colaboradora del proyecto, se preparó una prueba para averiguar si ese dispositivo sería capaz de transmitir los diferentes grados de dureza que las matronas distinguen en la exploración obstétrica. Para esta prueba se creó, con la herramienta Unity que se describe después, una escena háptica virtual con varios cubos de igual tamaño pero con distintos valores de dureza, que la matrona podía tocar libremente con el dispositivo Falcon. A través de varias

iteraciones, la matrona trataba de identificar aquellas durezas que mejor se correspondieran con la de la anatomía que se pretendía simular. Las diferencias entre esas durezas son similares a las que se pueden sentir al tocar los labios, el lóbulo de la oreja y la punta de la nariz, referencias anatómicas que se emplean en docencia para explicar las consistencias blanda, media y dura del cérvix, respectivamente. El resultado fue que sí era posible simular la dureza del cuello uterino en diferentes fases del parto, así como el cráneo y las fontanelas, por lo que se siguió adelante con el desarrollo.

Para el desarrollo se escogió el entorno de desarrollo Unity (Unity Technologies, 2022) junto con el asset “3D Haptics for Novint Falcon” (Touchable Universe, 2021). Unity es una herramienta de diseño e implementación de videojuegos cuya principal característica es la capacidad de generar versiones para diferentes plataformas, utilizando C# como lenguaje principal de programación bajo el intérprete Mono Runtime. En cuanto al asset, se trataba del único disponible en la tienda de Unity que daba soporte dispositivo al háptico Falcon en el momento de abordar este desarrollo. Aún y todo, el binomio entre el dispositivo Falcon y el asset de Touchable Universe permite integrar de forma práctica retorno háptico en proyectos de Unity, soportando el renderizado de *normal maps* y ofreciendo un limitado pero variado abanico de materiales predefinidos.

5.2 Estudio detallado

En esta sección se procede a indicar algunos de los aspectos más relevantes obtenidos durante el diseño de los diferentes elementos que componen el sistema: interfaz, modelos, dispositivo háptico y simulador.

La interfaz de usuario contiene todas las opciones para permitir realizar los casos de usos especificados en la fase anterior. Permite, por tanto, establecer los diferentes parámetros de configuración tanto uterina como fetal, guardar el caso realizado, ejecutar la simulación, cargar un caso ya guardado o incluso lanzar una simulación de tipo test o examen. Cabe destacar que en su diseño se han tenido en cuenta los principios heurísticos de Nielsen (Nielsen, 1993), que proporcionan una serie de reglas para garantizar una buena usabilidad del sistema. Dichos principios son los de visibilidad, adecuación, libertad y control por el usuario, consistencia, prevención de errores, reconocer antes que recordar, flexibilidad y eficiencia de uso, estética y diseño minimalista, ayudar a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores y, finalmente, documentar. Sobre esos principios, se opta por realizar un diseño paso a paso con los botones atrás y siguiente, así como mostrar un resumen para verificar las configuraciones antes de comenzar la simulación. En cualquier caso, se requirió de la validación por parte de la matrona de dicha interfaz.

Para el desarrollo de la interfaz y los distintos menús que la componen se ha optado por su realización en el entorno de Unity. Para ello se han utilizado los elementos facilitados por UnityEngine.UI (*User Interfaces*), librería encargada del manejo de interfaces de Unity, y TMPro (*Text Mesh Pro*), para mejorar la representación de texto de UI, ofreciendo mejoras sustanciales en la calidad visual. La Fig. 8 muestra una captura de la interfaz en uno de los pasos de configuración de un nuevo caso de prueba o ejercicio, en concreto el de selección de la presentación del feto.



Figura 8: Interfaz de configuración del caso a simular: presentación del feto.

La pantalla del simulador posee también una interfaz que muestra un resumen de la configuración elegida para ayudar a recordar al usuario y facilitar las tareas (véase Fig. 9). El botón superior derecho llevaría de regreso al menú principal. En el centro de la ventana se muestran los objetos hápticos tridimensionales del cuello del útero y del cráneo que se corresponden con las diferentes durezas, diámetro de cérvix y orientación de la cabeza seleccionados o cargados.



Figura 9: Pantalla del simulador.

Los modelos 3D tanto del cuello uterino como de la cabeza del feto se han creado usando medidas reales, y la matrona ha comprobado que las medidas que percibe al palparlos con el dispositivo Falcon coinciden con las esperadas (Fig. 10). El hecho de que, como se verá en el apartado de evaluación, los usuarios sean capaces de diferenciar las fontanelas y suturas con los pequeños tamaños que poseen es muy significativo y merece ser destacado.

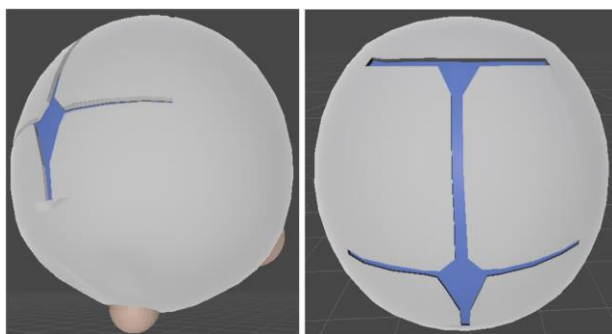


Figura 10: Modelo 3D del cráneo y fontanelas del feto.

Además de las medidas, los objetos deben proporcionar la dureza adecuada al tacto. Las texturas predefinidas que incluía el asset de Touchable Universe en su componente HapticMesh fueron probadas por la matrona, buscando identificar aquellas que más se correspondieran con las consistencias dura, media y blanda que suelen distinguirse al palpar. Tras varias iteraciones, se escogió *Wood* para la dura, *Marshmallow* para la blanda y una entre medias de ambas para la textura media.

Debido a que la técnica de exploración vaginal de las matronas durante el parto es realizada introduciendo normalmente en la vagina los dedos índice y corazón, no parece que ninguno de los efectores que ofrece Novint para su Falcon, la empuñadura de bola o la de pistola, sean muy apropiados para el simulador que se pretende crear. No obstante, el propio Falcon como dispositivo háptico sí es capaz de simular distintas texturas, duras y blandas, suaves y rugosas, que exige un simulador como este. Tan solo es cuestión entonces de cambiar el efector por otro más adecuado. Sin embargo, para que el funcionamiento del dispositivo no se vea afectado, se necesita conectar el nuevo efector con un circuito electrónico compatible. Afortunadamente, se contaba con un “Pistol Grip Kit” de Novint, que es un kit de empuñadura de pistola para montar que se vende por separado y que incluye ese circuito, y fue el circuito de este kit el que se usó en la construcción de nuestro propio efector *ad hoc*.

El efector creado posee forma de dedal, con articulación de bola, permitiendo así al usuario realizar los movimientos de examen con un dedo. Para dotar de libre movimiento al dedal es necesario incluir un modelo en forma de cuenco, que iría enganchado en el dispositivo y al que se le encajaría dicho dedal, resultando en la articulación de bola tal y como se ve en la Fig. 11.



Figura 11: End-effector con forma de dedal conectado al Falcon.

6. Escenario de uso

El menú principal de la aplicación (véase Fig. 12) permite elegir entre las diferentes modalidades: crear nuevo caso, cargar un caso que ha sido previamente guardado o iniciar un modo aleatorio para comprobar conocimientos de la alumna. En este apartado vamos a centrarnos un poco más en este último modo, el aleatorio, como escenario de uso.



Figura 12: Menú principal.

El modo aleatorio está pensado para que la alumna, sin la presencia de una docente, pueda practicar y poner a prueba su habilidad en un caso al azar del que desconoce la configuración usada. Cuando se selecciona esta opción, la aplicación lleva al usuario directamente a la pantalla del simulador donde, en vez de un resumen del caso, esta vez se obtiene un formulario para que sea el usuario quien introduzca los valores que cree haber detectado mediante la exploración con el Novint Falcon (véase Fig. 13).

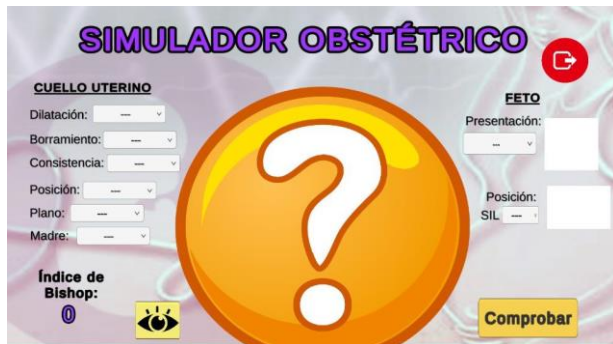


Figura 13: Simulador en modo aleatorio.

Tras introducir los valores, el usuario pulsaría el botón “Comprobar”. Con ello, los campos del formulario son marcados en rojo o verde según sean correctos o incorrectos, conforme se ve en la Fig. 14.

Como se puede ver en las imágenes, en este modo se ocultan los modelos gráficos del cérvix y la cabeza del feto tras una gran interrogación para no obtener ningún tipo de pistas visuales, puesto que una exploración real se realiza a ciegas. No obstante, se da la opción de, en un momento dado, desvelar el modelo al pulsar el botón con un icono en forma de ojo (véase la Fig. 15), y de volverlo a ocultar pulsándolo otra vez.

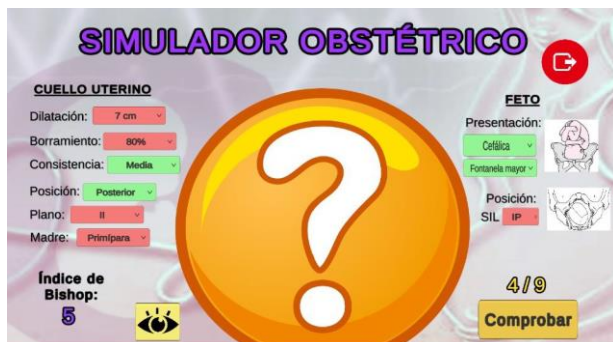


Figura 14: Comprobación de las respuestas.



Figura 15: El botón con un icono en forma de ojo desvela los modelos 3D ocultos.

7. Evaluación

Incluso en las primeras etapas de un proyecto, los conceptos de diseño deben evaluarse para obtener una mejor comprensión de las necesidades del usuario. Es precisamente la obtención de un producto mínimo viable, el presente simulador, lo que ha permitido realizar esta evaluación. El conjunto de participantes para esta prueba de evaluación estuvo formado por tres matronas y un matrn de la Unidad de Enfermería Obstétrico-Ginecológica del Complejo Hospitalario Universitario de Albacete. Su experiencia en esta especialidad era variable: recién terminada, 3 años y medio, 5 años y 20 años. Su nivel de conocimientos de informática como usuario era medio, y solo la mitad habían practicado anteriormente con un entrenador físico como el de la Fig. 1. Con ello se pudo obtener una visión complementaria a la de la matrona partícipe en el proceso de desarrollo.

La prueba se dividió en cuatro partes: en la primera se familiarizaban con el entrenador a través de un caso de uso guiado; en la segunda parte cargaban un caso previamente guardado y practicaban con él; en la tercera se les daba libertad para elaborar y probar los casos que desearan; y en la cuarta y última parte se enfrentaban a un caso aleatorio. Tras la prueba se recopilaron sus impresiones a través de un cuestionario especialmente elaborado para la misma.

A través de sus respuestas se comprobó que a todas las matronas les había gustado el simulador, encontrándolo útil e intuitivo, sin necesitar ninguna ayuda para navegar entre las diferentes escenas, pantallas y opciones. Lo más valorado es el realismo y detalle que presenta, así como la capacidad de comprobar las configuraciones tanto uterinas como fetales que se han indicado, y detectando correctamente las suturas y fontanelas de la presentación cefálica. Además, se constata que, efectivamente, el simulador cubre de manera satisfactoria las diversas presentaciones cefálicas en todos los modos y orientaciones probados. El hecho de que se logre palpar mediante este dispositivo las configuraciones de una manera similar a la real es de vital importancia, aun teniendo en cuenta que lograr una estimulación realista del sentido del tacto es muy compleja (Robles-De-La-Torre, 2006).

Se ha transmitido también que se trata, en palabras de una de las matronas, de “un invento con futuro”, al poder ser de gran ayuda para la formación de nuevas profesionales y evitando las molestias actuales a las mujeres embarazadas. También se resalta que si se pudiera unir este proyecto con un simulador de partos real se lograría completar el ciclo de la obstetricia.

Además, todos los participantes indicaron que nunca habían probado ni oído de un simulador de estas características, con lo que se logra también un grado de originalidad y una demostración más de cómo la informática y, en concreto, la

Realidad Virtual, pueden llegar cada vez más lejos en cualquier ámbito que se precie.

8. Limitaciones y trabajos futuros

Una de las limitaciones del presente simulador es que los modelos 3D no son completos por lo que no llega a abarcar todos los casos que pueden darse en la realidad. El modelo del feto se reduce por ahora sólo a la bóveda craneal, pero se podría completar para incluir también presentaciones de cara (orejas, nariz, ojos), nalgas y tronco. También se podría completar la anatomía femenina añadiendo vagina y pelvis. Sin embargo, la mayor limitación de este trabajo es que el dispositivo háptico usado sólo permite tocar en un punto, esto es, solo proporciona realimentación de fuerzas a la punta de un dedo, cuando las matronas suelen usar dos para el examen preparto. Esto no es tanto problema para la palpación de las fontanelas, que es en lo que se ha centrado este trabajo, pero sí para estimar otros signos del parto como es la dilatación del cérvix.

En este sentido, (Ribeiro et al., 2017) exponen sus propias conclusiones tras revisar 57 artículos que abordan la simulación con Realidad Virtual de diferentes técnicas de palpación, publicados entre 1994 y 2013, y a raíz de dichas conclusiones señalan las que ellos consideran que son las oportunidades de investigación y desarrollo en este ámbito. Su principal conclusión es que aún hay una gran distancia que andar hasta lograr una estimulación realista del sentido humano del tacto, debido a que la gran sensibilidad de este sentido impone requisitos que son difíciles de conseguir (Robles-De-La-Torre, 2006). Uno de los aspectos que limitan el realismo en la simulación es, como se ha señalado antes, que muchos trabajos sólo consideran un punto de contacto. Esta limitación no sólo atañe al realismo, sino que también puede empobrecer el aprendizaje, sobre todo porque son muchas las técnicas de palpación usadas en el campo de la salud que usan dos o más dedos para explorar una parte del cuerpo. Así, uno de los retos futuros es conseguir mejorar el realismo. Sin embargo, como también señalan los autores del estudio, la simulación de varios puntos de contacto en los algoritmos de detección de colisiones no es una tarea trivial. De hecho, con respecto a estos algoritmos de detección de colisiones, deformación de tejidos, y cálculo del retorno de fuerza, se destaca que se han hecho pocas aportaciones en el periodo analizado. Las soluciones más usadas pasan por máquinas de estados finitos (FEM) o por el modelo masa-muelle (*mass-spring*), y sólo (Frisoli et al., 2005) propone un nuevo enfoque de algoritmo de deformación. Hay, en general, una falta de algoritmos para múltiples puntos de contacto. Los autores también señalan la ausencia de simuladores colaborativos, aunque algunas propuestas, como la de (Baillie et al., 2010) sí se acercan a la colaboración entre estudiante e instructor. Por último, no se olvidan los autores que muchos proyectos no cuentan con todos los recursos que

desearían, de modo que los investigadores deben optar con aquellos dispositivos cuyo ratio coste-beneficio sea el más ventajoso. A este respecto, los más usados son los de la familia Phantom, también, dicen, por su fiabilidad.

En base a lo anterior, actualmente se están explorando varias vías de investigación que nos permitan, en un futuro, completar el simulador obstétrico con al menos dos puntos de contacto. Una de ellas consiste en usar dos dispositivos hápticos iguales, como en (Coles et al., 2011b) donde ya se usan dos Falcon simultáneamente, aunque en ese trabajo los usan como dos puntos de apoyo de su efector en lugar de tener dos efectores separados. Otra de las vías pasa por usar dos dispositivos hápticos distintos, como por ejemplo un Falcon y un guante vibrotáctil, como el que presentamos en (Martínez et al., 2014). Por último, se está considerando también el desarrollo de un efector más elaborado que, sobre un único Falcon, pueda ser usado por dos dedos a la vez.

9. Conclusiones

El presente trabajo presenta un simulador de Realidad Virtual para el entrenamiento de estudiantes de obstetricia utilizando un dispositivo háptico. Este simulador pretende mejorar los métodos de enseñanza y entrenamiento actuales de los que disponen las matronas, que se reducen a modelos creados con plástico o silicona y a la práctica bajo supervisión con mujeres embarazadas reales.

Los métodos de enseñanza con gestantes reales constan de diversos aspectos adversos como bien puede ser la incomodidad de la propia paciente como la molestia que ello les puede suponer en los momentos preparto. No es sólo que la estudiante realice un examen vaginal, es que posteriormente la matrona que la supervisa tenga que corroborarlo, y si no coincide o hay alguna duda, la alumna volverá a examinar. Además, es posible que se dé el caso de que no sea una única alumna quien venga con la matrona. Por otra parte, hay mujeres que pueden sentir dolor durante el examen, que en cualquier caso les aumenta el rechazo a la prueba. Otro aspecto a tener en cuenta de este método de enseñanza es que no se puede elegir qué caso vendrá con la siguiente embarazada. Hay casos más raros que son más difíciles de darse y, por tanto, la práctica con embarazadas no siempre ayuda para enfrentarse a ellos.

Mediante el sistema desarrollado en este trabajo, se obtiene una considerable mejora en cuanto a la diversidad de casos a simular y la posibilidad de un seguimiento personalizado de la alumna, así como los beneficios propios de disponer de un simulador software-hardware que se ciñe lo más fidedignamente posible a la realidad. El entorno del sistema es interactivo y ofrece información para ayudar al usuario durante la simulación. Debido a que la interfaz y la interacción son intuitivas, no se precisa apenas tener conocimientos previos

sobre computadoras o dispositivos hápticos. El presente trabajo se ha centrado y cubre las presentaciones cefálicas en todos sus modos y orientaciones, pero se espera poder ampliarlo en el futuro con más casos y, yendo más lejos, con la posibilidad de usar no sólo uno sino dos dedos en la técnica de palpación.

Agradecimientos

Proyecto PID2020-115220RB-C21 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por “FEDER Una manera de hacer Europa”. Los autores quieren agradecer a la Unidad Docente de Matronas del Complejo Hospitalario Universitario de Albacete su inestimable colaboración en el mismo.

Referencias

- 3D Systems, Scanners and haptics (Online). Available: <https://es.3dsystems.com/scanners-haptics> [Accessed: 10 October 2022]
- Baillie, S., Crossan, A., Reid, S., & Brewster, S. (2003) Preliminary Development and Evaluation of a Bovine Rectal Palpation Simulator for Training Veterinary Students. *Cattle Practice*, 11(2), pp. 101-106.
- Baillie, S., Brewster, S. A., Mellor, D. J., & Reid, S. (2005) Integrating a bovine rectal palpation simulator into an undergraduate veterinary curriculum. *J. Vet. Med. Educ.*, 32(1), pp. 79-85.
- Baillie, S., Crossan, A., Brewster, S. A., Mellor, D., & Reid, S. (2005) Validation of a bovine rec-tal palpation simulator for training veterinary students. *Studies in health technology and informatics*, 111, pp. 33-36.
- Baillie, S., Crossan, A., Brewster, S. A., May, S.A., & Mellor, D. J. (2010) Evaluating an automat-ed haptic simulator designed for veterinary students to learn bovine rectal palpation. *J. Soc. Simul. Healthcare*, 5(5), pp. 261–266.
- Burdea, G., Patounakis, G., Popescu, V., & Weiss, R. E. (1999) Virtual reality-based training for the diagnosis of prostate cancer. *IEEE Transactions on Biomedical engineering*, 46(10), pp. 1253-1260.
- Coles, T. R., John, N. W., & Meglan, D. (2011) The role of haptics in medical training simulators: A survey of the state of the art. *IEEE Trans. Haptics*, 4(1), pp. 51–66.
- Coles, T. R., John, N. W., Gould, D. A., Caldwell, D. G. (2011) Integrating haptics with augmented reality in a femoral palpation and needle insertion training simulation. *IEEE Trans. Haptics* 4(3), pp. 199–209.
- Crossan, A. & Brewster, S. (2001) Comparison of Simulated Ovary Palpation Training Over Different Skill Levels”. Glasgow Interactive Systems Group, Department of Computing Science.
- Crossan, A., Brewster, S., Reid, S., & Mellor, D. (2002) Multi-session VR Medical Training: The HOPS Simulator. People and Computers XVI-Memorable Yet Invisible, Springer, London, pp. 213-225.
- Frisoli, A., Borelli, L., & Bergamasco, M. (2005) Modeling biologic soft tissues for haptic feed-back with an hybrid multiresolution method. *Stud. Health Technol. Inform.* 111, pp. 145-148.
- González Merlo, J. (2006) Obstetricia. Edit. Masson.
- HapticsHouse, Novint’s Falcon Haptic Device (Online) Available: <https://hapticshouse.com/pages/novints-falcon-haptic-device> [Accessed: 10 October 2022]
- Langrana, N.A., Burdea, G., Lange, K., Gomez, D., & Deshpande, S. (1994) Dynamic Force Feed-back in a Virtual Knee Palpation”. *Artificial Intelligence in Medicine*, 6(4), pp. 321-333.
- Machado, L. S. & Moraes, R. M. (2006) VR-based simulation for the learning of gynaecological examination. In *Advances in Artificial Reality and Tele-Existence*, Springer, pp. 97–104.
- Martínez, J., García, A. S., Oliver, M., Molina, J. P., & González, P. (2014) Vitaki: a vibrotactile prototyping toolkit for virtual reality and video games. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 30(11), pp. 855-871.
- Molina, J. P., García, A. S., Martínez, D., Manjavacas, F. J., Blasco, V., López, V., & González, P. (2006) The development of glove-based interfaces with the TRES-D methodology. In *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology*, pp. 216-219.
- Molina, J.P. (2008) Un enfoque estructurado para el desarrollo de interfaces de usuario 3D. Tesis doctoral. Dpto. de Sistemas Informáticos, Universidad de Castilla-La Mancha.
- Moraes, R. M., Souza, D. F. L., Valdek, M. C. O., & Machado, L. S. (2006) A Virtual Reality Based Simulator for Gynecologic Exam Training. *Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET 2006*, pp. 786–791.
- Nielsen, J. (1993) Usability Engineering. Academic Press, San Diego, USA.
- Obst, T., Burgkart, R., Ruckhäberle, E., & Riener, R. (2004) The delivery simulator: a new appli-cation of medical VR. *Medicine Meets Virtual Reality 12: Building a Better You: the Next Tools for Medical Education, Diagnosis and Care*, 98, pp. 281-287.
- Oliver, J., Martínez, J., García, A.B., García, A.S., González, P., Molina, J.P. (2022) Desarrollo con la metodología TRES-D de un simulador obstétrico basado en el dispositivo háptico Phantom. En *Actas del XXII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador*, pp. 26-33.

- Ribeiro, M. L., Lederman, H. M., Elias, S., & Nunes, F. L. (2016) Techniques and devices used in palpation simulation with haptic feedback. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 49(3), 1-28.
- Robles-De-La-Torre, G. (2006) The importance of the sense of touch in virtual and real environments. *IEEE Multi-Media*, 13(3), pp. 24–30.
- Russell, B. (2009) “ABC of Relativity”. Routledge.
- Talhan, A. & Jeon, S. (2017) Pneumatic actuation in haptic-enabled medical simulators: A re-view”. *IEEE Access*, 6, pp. 3184-3200.
- Touchable Universe, 3D Haptics for Novint Falcon (Online) Available: <https://assetstore.unity.com/packages/tools/physics/3d-haptics-for-novint-falcon-119281> [Accessed: 26 September 2021]
- Unity Technologies, Unity (Online) Available: <https://unity.com/> [Accessed: 10 October 2022]
- Virtualis, Virtual Cow (Online) Available: <https://www.virtualis.com/haptic-cow/> [Accessed: 10 October 2022]

Un Catálogo de Patrones de Mecánicas y Elementos de Juego para Experiencias de Juego Sociales Pervasivas

A Catalog of Game Mechanics and Game Elements Patterns for Pervasive Social Game Experiences

Ramon Valera-Aranguren

Universidad Centroccidental
"Lisandro Alvarado"

Barquisimeto, Lara, Venezuela
rvalera@ucla.edu.ve

Patricia Paderewski-Rodriguez

Universidad de Granada

Granada, Granada España
patricia@ugr.es

Francisco Luis Gutierrez-Vela

Universidad de Granada

Granada, Granada España
fgutierr@ugr.es

Jeferson Arango-López

Universidad de Caldas

Manizales, Colombia
jeferson.arango@ucaldas.edu.co

Recibido: 14.10.2022 | Aceptado: 02.12.2022

DOI: <https://doi.org/10.65234/interaccion.79>

Palabras Clave

Mecánica de Juego
Juego Pervasivo
Experiencia de Juego Social
Computación Pervasiva

Resumen

La computación pervasiva se ha convertido en pieza clave para construir aplicaciones que utilizan la diversión como factor motivador en el desarrollo de distintas actividades, esto se debe, entre otras cosas, a que permite explorar nuevos esquemas de interacción al hacer el concepto de espacio y tiempo de juego, ambiguo y confuso. Para lograrlo se usan mecánicas de juego que atraen al participante con elementos innovadores, generando experiencias interesantes y entretenidas. La presente investigación describe la recopilación de un conjunto de patrones conceptuales relacionados con los juegos sociales que funcionan en un ambiente de computación pervasiva. Para facilitar su utilización se han estudiado importantes aspectos como son: los tipos de roles que participan, los esquemas de agrupación e interacción que pueden emplearse. A partir del análisis de un conjunto de experiencias de juego, se hace el reconocimiento de un conjunto de mecánicas y elementos de juego que sirve de base para ofrecer un catálogo de patrones que pueden reutilizarse cuando se desee plantear una estrategia de expansión social en una experiencia de juego.

Keywords

Game Mechanics
Pervasive Games
Social Gaming Experience
Pervasive Computing

Abstract

Pervasive computing has become a key element to build applications that use fun as a motivating factor in the development of different activities. This is due, among other things, to the fact that it allows exploring new interaction schemes by making the concept of game space and time ambiguous and confusing. To achieve this, game mechanics are used that attract the participant with innovative elements, generating interesting and entertaining experiences. The present research describes the compilation of a set of conceptual patterns related to social games operating in a pervasive computing environment. In order to facilitate their use, important aspects have been studied, such as: the types of roles that participate, the grouping and interaction schemes that can be used. From the analysis of a set of game experiences, a set of game mechanics and elements is recognized, which serves as a basis to offer a catalog of patterns that can be reused when a social expansion strategy is desired in a game experience.

1. Introducción

La computación pervasiva ofrece el conjunto de elementos tecnológicos necesarios para dar soporte al desarrollo de distintas experiencias de juego. En dicho conjunto se incluyen todos los avances relacionados con la conectividad, miniaturización y poder de cómputo que una vez desplegados en un espacio físico sirven de intermediarios entre el participante, el espacio virtual de juego y el mundo real (Hinske et al., 2007). En este contexto se puede incorporar cualquier infraestructura tecnológica con mecanismos que permitan actuar sobre ellos o capturar eventos que puedan traducirse e interpretarse como hechos de interés para los participantes en la experiencia de juego. Por ejemplo, podríamos tener en cuenta el tráfico, la posición de los autobuses o la densidad de personas entre otros.

Cada vez es más importante la inclusión de actividades de juego en los diferentes ámbitos de nuestra vida. A nivel de tecnología, Marczewski (Marczewski, 2015) utiliza el término “Game thinking” para referirse al diseño de aplicaciones cuyo objetivo es propiciar en el usuario nuevas experiencias y despertar en ellos distintas emociones y sentimientos, con la incorporación de interfaces de usuario divertidas y mecanismos que involucren elementos de juego. También describe el concepto de “aplicación inspirada en juego” de acuerdo con el grado de los elementos de juego que contienen y de los objetivos para las que fueron diseñadas, de esta forma divide los sistemas en aplicaciones que tienen interfaces de usuario inspiradas en juegos, aplicaciones gamificadas y sistemas de juego en su máxima expresión.

Todo sistema inspirado en “Game Thinking” debe tomar como factor clave en su diseño la diversión obtenida mediante la actividad de “Jugar”. Lo que resalta de Jugar es que es una actividad que nos genera diversión y disfrute y sobre todo altos niveles de motivación.

El filósofo Huizinga, ya en el año 1938 en su libro “Homo ludens” (Huizinga, 1970), ofrece un importante concepto para analizar el proceso de jugar, lo que él denomina el “Círculo Mágico”. La metáfora del círculo mágico parte de que el juego está formado por una estructura voluntaria y contractual que define el espacio y tiempo donde el participante se divierte y desarrolla las diversas actividades involucradas en el juego.

En ocasiones, conscientemente se explota la ambigüedad de expandir las fronteras definidas por el círculo mágico de Huizinga, así un usuario no va a estar seguro de lo que es ficción o realidad en el juego, ni del espacio donde se desarrolla, incluso no sabe cuál es su contribución o rol, todo esto representa una importante oportunidad para crear nuevas experiencias y con ello enganchar al usuario bajo la percepción de que cualquier acción u observación en su vida cotidiana puede verse como parte del juego. Montola (Montola, 2009) ofrece una definición para aquellos juegos que rompen este

círculo mágico, y afirma que, “los juegos pervasivos son un género de juego que sistemáticamente rompe los límites del juego tradicional, estos límites se rompen en términos: espaciales, temporales y sociales”.

Uno de los mayores problemas al analizar los juegos pervasivos, es que el concepto de pervasividad puede ser usado para muchos tipos de experiencias (juegos de rol en vivo, juegos geolocalizados, juegos de realidad mixta, ...). Para suplir este problema vamos a partir de los trabajos que se han realizado en el grupo de investigación GEDES de la universidad de Granada relacionados con la conceptualización y caracterización del juego pervasivo (Arango-Lopez et al., 2018) que han sido llevados a cabo dentro del proyecto de investigación titulado DISPERSA (Diseño de Juegos Pervasivos Basados en Experiencias de Aprendizaje Sensibles al Contexto) donde se aborda el problema del desarrollo de experiencias de juego pervasivas geolocalizadas (Arango-Lopez et al., 2018).

En estos trabajos previos, después de analizar las experiencias pervasivas geolocalizadas (Arango-Lopez et al., 2018), se pudo evidenciar que los dispositivos GPS integrados en equipos móviles con alto poder de cómputo, abre un abanico de opciones para diseñar mecánicas de juego sensibles al contexto, es decir, mecánicas con capacidad de traducir acciones directas o indirectas, voluntarias o involuntarias de los participantes en el marco de un espacio físico determinado, la posibilidad de conocer en cualquier instante la posición actual del jugador junto a la posibilidad de desplegar contenido contextualizado permite delimitar áreas geográficas y desplegar en ellas dispositivos físicos (sensores de temperatura, movimiento, iluminación) y elementos virtuales para recoger las acciones del usuario, estos se interpretan como acciones tangibles que tienen un significado en la experiencia del usuario que se diseña.

En el caso específico de juegos con expansión social existen algunos casos de estudio interesantes. En Montola (Montola, 2009), por ejemplo, se le da una gran importancia al rol que juega el espectador y al grado de conciencia que este tiene acerca del juego y como impacta en las mecánicas de juego diseñadas. De esta manera, es posible que el espectador se convierta en un obstáculo para el jugador, en un testigo de un evento de juego, en el receptor de un mensaje o en un objeto que debe ser coleccionado por los jugadores participantes.

Los “juegos expandidos socialmente” dependen, en un grado determinado, de la expansión temporal y espacial. Montola (Montola, 2009) advierte que los juegos que no rompen la barrera proporcionada por el área y la sesión de juego difícilmente romperán la barrera social. Esto supone que las experiencias de juego sociales pervasivas, área de estudio de esta investigación, requerirán de algún nivel de expansión espacial y temporal y que esto estará soportado, en gran

medida, por las tecnologías asociadas a la computación pervasiva.

En este trabajo se propone un catálogo de patrones que incorpore mecánicas y elementos de juego con el objetivo de puedan usarse en las etapas iniciales del proceso de desarrollo de experiencias de juego sociales pervasivas. Para esto, se describe un marco conceptual acerca de las mecánicas de juego social, en el que se ofrecen detalles acerca de su rol, del ambiente donde se ejecutan, de los tipos de participantes que intervienen y de los esquemas de interacción social que pueden establecerse, esto con el propósito de realizar un análisis posterior a partir de un conjunto de experiencias de juego exitosas, del cual puedan extraerse elementos y mecánicas de interés para el catálogo.

El artículo está estructurado de la siguiente manera: La sección 2 analiza la forma en la que el espectador interviene en las experiencias de juego, la sección 3 diserta sobre la relación entre objetivos y mecánicas de juego, la sección 4 ofrece una descripción acerca de los tipos de participantes que están involucrados en una experiencia de juego social pervasiva, la sección 5 expone el modelo SocialPG que es un marco conceptual que puede usarse para describir experiencias de juego sociales pervasivas, la sección 6 define las mecánicas de juegos sociales, expone las formas de organización de los participantes, los tipos de interacción y su ciclo de vida, la sección 7 muestra las etapas o fases que se desarrollan cuando se ejecuta una mecánica de juego, la sección 8 ofrece un resumen de algunas mecánicas de juego con expansión social que pueden usarse en un contexto de computación pervasiva, la sección 9 recoge un conjunto de patrones que pueden emplearse en la construcción de experiencias de juego sociales pervasivas, finalmente la sección 10 relata las conclusiones y futuros trabajos

2. Experiencia de juego y el espectador

Los juegos MMO (Multijugador Masivos Online) son un tipo de experiencia de juego social de muy amplia difusión, cada jugador posee un avatar que sirve para interactuar con el resto de los participantes y realizar actividades y retos a lo largo de las sesiones de juego (Barnett y Coulson, 2010). En paralelo, se pueden llevar a cabo actividades de socialización que se extienden fuera del alcance del juego, se convocan eventos y reuniones en las que comunidades de jugadores convergen para compartir estrategias y conocimiento (Laato, 2019).

En este tipo de experiencia de juego social, se ha visto un fenómeno en ascenso y es que cada vez existe una cantidad creciente de personas que dedican tiempo a ver transmisiones de videojuegos en tiempo real u offline. Los datos demuestran que en el mundo de los videojuegos, los espectadores (Statista, 2022) cada año tienden a invertir más horas para ver partidas almacenadas o transmitidas en vivo en canales específicos

como son: Discord, Facebook Games o Twitch, así mismo, se espera que el tráfico hacia estos portales de streaming crezca sostenidamente hasta 2026, la mayoría de los usuarios que utilizan estos servicios se encuentran en el rango de edad entre los 20 – 39 años, incluso una gran cantidad de usuarios realizan algún tipo de pago para utilizar este tipo de servicio, ya sea mediante una suscripción o por donación.

Seering (Seering, 2017) expone un conjunto de factores motivadores que sirven para explicar la popularidad que ha adquirido este tipo de portales, entre estos, se encuentran la necesidad de ayudar al jugador, de cambiar el curso actual del juego, de aprender, de obtener un beneficio de la observación o simplemente molestar a los jugadores o a otros espectadores.

3. Objetivos y mecánicas de juego

Grace (Grace, 2019) expone que una experiencia de juego se construye sobre un conjunto de objetivos que son alcanzables mediante una agenda determinada. Esta temporización es conocida desde el inicio por los participantes o revelada progresivamente conforme se avanza en la experiencia, en este viaje se incluyen un conjunto de significados que sirven para enfrentarse a un conflicto que Grace (Grace, 2019) ha llamado “El Obstáculo”, que, a su vez se convierte en la razón para divertirse y mantenerse enganchado. Grace (Grace, 2019), establece que la estructura mínima que un documento de especificación de experiencias de juego debe tener consiste en al menos dos elementos fundamentales, los objetivos o retos y la forma de alcanzarlos.

Los objetivos dan la sensación al jugador de un logro o progresión (Seering, 2017), por ello deben ser cuantificables, con lo cual se pueden medir y en consecuencia se puede conocer en qué medida estos se han alcanzado.

Schell (Schell, 2019) explica los principales atributos que deben tener los objetivos para que sean equilibrados y apropiados:

6. Los objetivos deben ser concretos de manera que le quede claro al jugador cuál es el objetivo final del juego.
7. Los objetivos deben suponer un desafío, pero deben ser alcanzables.
8. Los objetivos deben diseñarse de tal manera que el jugador este ansioso por lograrlo y que disfrute luego de que lo haya logrado.
9. Deben existir objetivos del juego a corto y largo plazo.

Dentro de un esquema formal de diseño de juegos, el marco de trabajo MDA (Mecánicas, Dinámicas y Estéticas) (Hunicke, 2004) define las mecánicas de juego como acciones, comportamientos y mecanismos de control proporcionados al jugador dentro de un contexto de juego, también, como lo sugiere Järvinen (Järvinen, 2008), funcionan como significados

que dirigen al jugador en un comportamiento predecible con el fin de obtener los objetivos propuestos.

Un aspecto interesante de las mecánicas es como señala Sicart (Sicart, 2008), que se pueden entrelazar y conformar diversos esquemas de interacción, a la vez que pueden ser invocados por agentes (ficticios o reales), con este término referencia a cualquier entidad que actúe sobre el mundo de juego.

El método de gamificación propuesto por Aparicio (Aparicio, Montes y Vela, 2016) arroja importantes hallazgos acerca de la relación entre Objetivos y Mecánicas de Juegos, para ello propone que el diseño de un proceso gamificado parte de la construcción de una estructura de objetivos y de mecánicas de juego, resalta la importancia de la teoría de la autodeterminación (Ryan y Deci, 2017) como base para satisfacer las necesidades intrínsecas del individuo y mantener la motivación, estas necesidades están relacionadas a la Autonomía, Maestría y Propósito.

De acuerdo con el método, un proceso gamificado se puede definir ejecutando una secuencia básica de actividades. La primera de ellas consiste en identificar el objetivo principal de la tarea que se desea gamificar. La segunda trata de identificar uno o varios objetivos subyacentes al principal. En la tercera actividad muestra una selección de mecánicas de juego acordes al contexto en el que se esté llevando a cabo el proceso de gamificación.

En relación a los Objetivos y Mecánicas de juego, se puede comentar lo siguiente:

1. Los objetivos proponen metas y retos que deben alcanzarse mediante la ejecución de mecánicas de juegos.
2. Una mecánica de juego puede ser el resultado de la composición de varias.
3. Las mecánicas de juego definidas para una experiencia de juego, puede incluir actividades de trabajo cooperativo y de competencia.

4. Los participantes

De acuerdo con el rol que juegan en el alcance de los objetivos definidos por el diseñador, los participantes pueden dividirse en jugadores y espectadores. Los jugadores están más involucrados en superar los obstáculos y resolver el conflicto artificial planteado por el diseñador mientras que el espectador tiene otros intereses y su participación está más relacionada con la interacción con el jugador y a apoyarlo en el logro de los objetivos. Las reglas de participación del espectador pueden ser muy diferentes a las que dirigen la interacción del jugador. (Ver Figura 1)

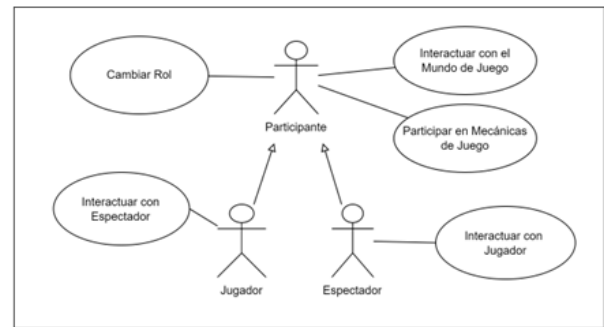


Figura 1: Participantes de una Experiencia de Juego Social Pervasiva.

Los elementos motivadores para ambos tipos de participantes son diferentes, en el caso de los jugadores existen múltiples modelos para describirlos, se puede tomar como referencia la propuesta de Marczewski (Marczewski, 2015), que señala que un jugador se mueve por recompensas intrínsecas y extrínsecas y en función a esto configura diversos perfiles (Jugador, espíritu libre, disruptor, filántropo, socializador, triunfador).

Yee (Yee, 2006) enumera un conjunto de factores que motivan a un jugador a participar en una experiencia de juego: Inmersión, Creatividad, Acción, Social, Maestría y Logro, esto sirve para identificar elementos que contribuyan a la participación continua del jugador. En el caso del espectador, Seering (Seering, 2017) identifica algunos perfiles en función a estos factores motivadores que les impulsan a participar. Estos perfiles son:

1. Ayudantes, Contribuyen para que el Jugador logre los objetivos del Juego.
2. Buscadores de poder, Participan con el único objetivo de tener un impacto en el Juego, ya que sea que fuera útil o perjudicial para el Jugador.
3. Colaboradores, Se integran con el Jugador y con otros espectadores para apoyar en la finalización del juego.
4. Oportunistas, Estos participantes se centran en obtener beneficios personales del juego, como aprender a usar una nueva herramienta o conocer gente nueva.
5. Trolls. Estos espectadores se enfocan en intimidar y acosar al Jugador.

Se contempla el intercambio de roles, es decir, en un momento determinado de la experiencia un participante puede ser “Jugador”, pero en otro momento, puede transformarse en “Espectador”, y viceversa, con esto se incluyen nuevos ingredientes que permitan otros tipos de interacción con la experiencia.



Figura 2: Modelo Conceptual SocialPG.

5. Modelo de referencia para experiencias de juego sociales pervasivas

Para modelar los diferentes elementos que intervienen en una experiencia de juego social pervasiva, se ha propuesto un modelo conceptual llamado SocialPG (Valera-Aranguren et al., 2021) que recoge algunos de los elementos expuestos anteriormente. El modelo incorpora un conjunto de componentes distribuidos en forma de capas que permite la configuración y construcción de Experiencias de Juego Sociales Pervasivas. (Ver Figura 2).

Este modelo conceptual considera que cualquier experiencia que se produce en aplicaciones inspiradas en juegos parte de la definición de un conjunto de objetivos y las correspondientes mecánicas para alcanzarlos. Estos objetivos necesitan de un hilo conductor (narrativa) que de sentido a las diferentes mecánicas que el juego proporciona al jugador. La narrativa suele estar centrada en una época histórica, un guion con la descripción de un mundo poblado de personajes ficticios y demás elementos productos de la imaginación, para dirigir el despliegue de la interacción y las actividades de los participantes, de forma que todo se desarrolla en un mundo de juego que está dirigido por el uso de la tecnología de computación pervasiva (en un mundo real geolocalizado con la presencia de sensores, un mundo virtual creado por tecnologías como la realidad virtual o realidad aumentada o la mezcla de ambos). Los participantes se comunican, trabajan en equipo o de manera individual para ejecutar procesos colaborativos o de competencia, que contribuyen al logro de los objetivos diseñados.

En SocialPG existen tres capas, superpuesta una sobre otra, de tal manera que los servicios de una capa se exponen como funcionalidades específicas a la capa inmediatamente superior,

de esta forma, la capa inferior llamada “Computación Pervasiva e Integración de Aplicaciones” representa todos los elementos tecnológicos que dan soporte a la construcción del “Mundo de Juego” que a su vez ofrece los servicios necesarios para que “Los Participantes” interactúen sobre ella. En esta última capa ocurren distintos tipos de interacción, entre jugadores, entre espectadores y entre jugadores y espectadores. Los “Objetivos, Mecánicas y Componentes de Juego” y “La Narrativa” son capas que inspiran el diseño del mundo del juego, todas las actividades de las capas superpuestas están dirigidas por las reglas y definiciones formuladas a este nivel. En el marco del modelo las mecánicas de juego se convierten en un elemento clave para alcanzar los objetivos y garantizar la coordinación de las actividades entre los participantes, todo esto supone aplicar mayor énfasis en detallarlas, esto incluye, su organización, precondiciones para su ejecución y su ciclo de vida.

6. Mecánicas de juegos sociales pervasivas

Las mecánicas de juego sociales pervasivas son esquemas de trabajo diseñados para coordinar el esfuerzo de un conjunto de personas (jugadores y espectadores), con el fin de alcanzar una estructura de objetivos que se desarrollan en el marco de un ambiente de computación pervasiva, en este sentido presentan dos rasgos resaltantes, por un lado las actividades de la mecánica se fusionan con las actividades cotidianas y por el otro la diversión se convierte en uno de los principales recursos para mantener a los participantes enganchados.

El mundo de juego es el espacio al que las mecánicas están conectadas, estas proponen la forma en que puede realizarse la interacción entre los participantes y los objetos que lo componen, como lo expresa Adams (Adams, 2014), un mundo de juego es un universo artificial, un lugar imaginario en el cual los eventos del juego ocurren. Está compuesto por objetos reales y objetos virtuales sensibles a procesos de interacción.

El mundo de juego está soportado por un conjunto de elementos tecnológicos, de relaciones de conectividad entre estos y de procesos de cómputo, que una vez desplegados sirven de intermediarios entre el participante y el mundo real.

Las mecánicas por sí solas pierden efectividad, una vez que se ponen en práctica y el jugador las utiliza un tiempo determinado, siempre es una buena opción utilizar una historia que incluya un conjunto de personajes y de elementos, un relato imaginario que incorpore los objetos que forman parte del mundo del juego y que sirve para colocar en contexto las actividades que deben realizar los jugadores y los espectadores. Schell (Schell, 2019) define la historia como un entramado narrativo donde hay personajes con objetivos específicos y un conjunto de obstáculos interpuestos para que con diversos niveles de esfuerzo puedan ser superados durante las sesiones de juego. Dentro de la historia se incluye un conflicto que debe ser resuelto mediante acciones individuales o grupales en un mundo de juego contextualizado por una época o lugar específico.

Para tener una idea más exacta de cómo funciona una mecánica de juego social pervasiva, es importante entender las implicaciones de la tecnología en la forma de organizar a los participantes y como ellos interactúan. Esto puede ofrecer información importante al diseñador acerca de las bondades y limitaciones que ofrecen los elementos tecnológicos al momento de construir mecánicas de juego sociales pervasivas.

6.1 Formas de Organización

Los grupos de trabajo están integrados por jugadores, espectadores o una mezcla de ambos y se podrán usar distintos criterios para su conformación:

- Estado actual del mundo del juego.
- Perfil del participante.
- Ubicación geográfica.
- Cercanía a un determinado objeto del mundo de Juego, Cercanía entre participantes.
- Antigüedad (tiempo participante en la experiencia).
- Edad, sexo, nacionalidad, entre otros.
- Trayectoria dentro de la experiencia (puntos, medallas o trofeos).

6.2 Esquemas de Interacción Social

Posterior a la ejecución del proceso de organización de los grupos de trabajo, se pueden construir distintos esquemas de interacción social, como colaboración, competencia y comunicación.

En el caso de la colaboración, el esfuerzo del grupo de participantes se vuelca en lograr una meta común, si es competencia, los involucrados enfocan sus esfuerzos en ganar,

al final se declara un ganador o un cuadro de posiciones, en el caso de la comunicación, se trata del intercambio de información de manera síncrona o asíncrona entre los participantes.

Algunos de estos esquemas juegan con la conciencia de rol como una forma de incorporar un elemento innovador en el desarrollo de las actividades, esto se refiere a manejar el grado de conocimiento que tiene un participante con respecto a su rol y de qué manera contribuye en el logro de los objetivos contemplados en el diseño, con lo cual, es posible que un participante se encuentre compitiendo con otros y lo desconozca, o que Jugadores y Espectadores se encuentren trabajando en conjunto.

7. Fases de una mecánica de juego social pervasiva

Como se ha descrito, una mecánica de juego utiliza un esquema determinado para organizar a los participantes que intervendrán en distintos tipos de interacción social (colaboración, competencia y comunicación), con lo cual, resulta importante entender el ciclo de vida que sufre desde el momento en que esta es invocada, se trata de enumerar las fases por las que pasa y describir que ocurre en cada una de ellas, para ello se realizara un análisis de las mecánicas sociales implementadas en un par de experiencias de juego sociales, en primer lugar Pokémon GO (Medina et al., 2021) que es un videojuego con características de realidad aumentada y geolocalización, que aborda de manera colateral la pervasividad social, finalmente AGATHA que es una aplicación construida sobre la base del modelo SocialPG (Valera-Aranguren et al., 2021).

En el caso de Pokémon GO (Medina et al., 2021) se crean espacios virtuales geolocalizados llamados Gimnasios, donde los jugadores convergen para desarrollar distintos tipos de actividades, así pueden entrenar o conquistar. Si es para conquistar, los jugadores crean equipos y se inician combates sin conocer los contrincantes, ganar supone obtener el control y garantiza un espacio donde puedan entrenar los Pokémon y con ello pueden prepararse para enfrentar futuros combates.

Al analizar la mecánica de juego relacionado con la Conquista de un Gimnasio se pueden evidenciar tres etapas bien diferenciadas, una primera etapa que tiene que ver con el proceso de organización de los participantes y las condiciones que deben darse para que pueda iniciar la mecánica, en este caso, puede observarse como un grupo de jugadores pueden, en las cercanías de un Gimnasio, iniciar un proceso de conquista, otra etapa asociada a las reglas y forma en que se desarrollan las actividades, de esta manera, puede verse la forma en que se ejecutan los combates y como estos inciden para lograr el control sobre un Gimnasio y la última etapa en la que establece una condición de finalización, esto tiene que ver con

las métricas relacionadas al mundo de juego que marcan el fin de la ejecución de la mecánica, así tenemos que cuando el nivel de motivación del Pokemon que cuida la entrada al Gimnasio llega a 0 se entrega el control al equipo atacante y finaliza el proceso de conquista.

El objetivo de AGATHA (Valera-Aranguren et al., 2022) es coordinar el trabajo de los participantes para mantener el nivel de salud de un conjunto de criaturas que conviven en un Bosque Medieval, de esta manera, los recolectores trabajan para buscar problemas y sugerir elementos que garanticen que las criaturas estén sanas, los magos por su parte están enfocados a curar los problemas de salud encontrados y velar porque las sugerencias realizadas funcionen (Ver Figura 3).

AGATHA presenta un mundo de juego que es compartido por dos tipos de participantes, los usuarios finales (Espectador) y los desarrolladores (Jugador). Los espectadores participarán en retos construidos por el equipo desarrollador bajo la figura de Misiones, esto tiene como objetivo dirigir los esfuerzos de ellos entorno a actividades concretas de comprobación de ciertas condiciones de funcionamiento de la aplicación o para generar oportunidades de mejora bajo escenarios de pruebas particulares.

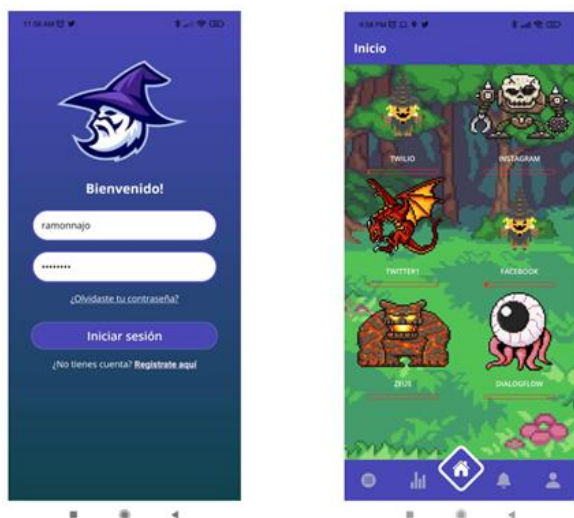


Figura 3: Agatha, Experiencia de Juego Social Pervasiva.

De esta manera, en AGATHA la mecánica de juego estudiada pasa por 3 etapas, Activación, en el que se configura las actividades de la misión, Desarrollo en que se convoca a los recolectores para que realicen su trabajo y Finalización en el que los desarrolladores dan por concluido los objetivos planteados y terminan la misión.

Con el análisis de estas experiencias sociales, se ha identificado un ciclo de vida para las mecánicas de juego que incluye 3 fases bien diferenciadas, Activación, Desarrollo y Finalización, a continuación, se ofrecen detalles acerca de lo que ocurre en cada una de ellas.

7.1 Activación

La fase de activación está relacionada con las condiciones que deben existir para que inicie una mecánica de juego, para ello es importante confeccionar diversos tipos de métricas que sirvan para tomar decisiones acerca del momento en que deben invocarse. En este sentido, se pueden utilizar distintos criterios, como, la intención explícita de un participante, la presencia de un grupo de personas en una determinada área geográfica, el estado actual de un objeto que forma parte del mundo del juego, una fecha determinada, entre otros.

Al mismo tiempo que se activa una mecánica de juego social pervasiva, se invocan diferentes procesos para conformar los grupos de trabajo que participaran en la experiencia, en este caso se suele usar criterios relacionados a la ubicación geográfica, datos demográficos, el rol (Jugador o Espectador), cercanía entre participantes, entre otros.

El diseñador puede planificar un inicio lleno de incertidumbre, ocultando al participante, los objetivos y el tipo de interacción social que utilizará, con el fin de que pueda usarse posteriormente como elemento motivador en el desarrollo de las actividades contempladas.

7.2 Desarrollo de las actividades

Durante la fase de desarrollo, el diseñador propone un conjunto de actividades cuyo orden y secuencia están relacionados al tipo de interacción social seleccionado. Debido a que los Jugadores y Espectadores interactúan para cambiar el estado del mundo de Juego, es importante monitorear métricas que arrojen pistas de la brecha entre el estado actual de la mecánica y el valor deseado para ella, el diseñador puede utilizar esquemas de retroalimentación que permita visualizar esta brecha y ante alteraciones importantes disparar decisiones que cambien el flujo de trabajo, originándose nuevas actividades que puedan involucrar a otros participantes. El diseñador definirá las reglas que condicionan el momento en que interactúan los participantes y la forma en que esta debe producirse.

En algunas ocasiones a conveniencia del diseñador, la mecánica de juego es el resultado de encadenar otras más, con ello se pueden reutilizar mecánicas de juego que han sido exitosas en mantener el enganche del jugador, por ejemplo, recompensas de puntos, intercambios de activos de juegos, entrega de medallas y trofeos, uso de avatares, conformación de cuadros de lideres, entre otros.

7.3 Finalización

Cuando se alcanzan los objetivos propuestos o se producen condiciones sobrevenidas en el desarrollo de la mecánica, se generan condiciones que señalan su finalización, en este caso,

se debe informar a los participantes de los logros alcanzados y las actividades ejecutadas.

De acuerdo a las consideraciones del diseñador, cuando finaliza una mecánica de juego puede decidirse finalizar la experiencia de juego o iniciar otras mecánicas de juego, en las cuales se cumple el mismo ciclo de vida.

8. Mecánicas de juegos sociales en experiencias de juego sociales pervasivas

Con el objetivo de extraer distintas mecánicas y elementos que puedan utilizarse como referencia para resolver problemas recurrentes en el diseño de experiencias de juego que incorporen a Jugadores y Espectadores se realizó un análisis de un conjunto de aplicaciones inspiradas en juego. Este análisis nos ha servido para construir un catálogo de patrones conceptuales que pueda utilizarse en la construcción de juegos sociales pervasivos, en especial, en las etapas iniciales de diseño. Hemos seguido el proceso que describimos a continuación y que está dirigido por las siguientes actividades:

- Se han seleccionado un conjunto de experiencias de juego social tomando como referencia la documentación disponible, esto incluye artículos científicos relacionados con su funcionamiento y consideraciones de diseño.
- Dentro de la revisión documental se ha prestado especial interés en el aspecto social, centrándonos principalmente en los tipos de roles que participan, los objetivos propuestos por el diseñador y los tipos de mecánicas y elementos de juego en los que se involucran a los participantes.
- Se ha realizado un proceso de selección de los tipos de mecánicas sociales o elementos de juegos comunes entre las herramientas estudiadas.
- Se han descrito, en términos generales, cada una de las mecánicas y elementos de juego seleccionados.

Este proceso se inició con el análisis de las siguientes 10 experiencias de juego que muestran algunas características relacionadas con la expansión de la dimensión social del juego: Pokémon GO (Medina et al., 2021), Agatha (Valera-Aranguren et al., 2022), The Gopher (Casey, Kirman y Rowland, 2007), CityExplorer (Matyas et al., 2008), Eyespy (Bell et al., 2009), SPLASH (Razikin et al., 2011), Hot Potato (Chatzigiannakis et al., 2010), Treasure (Guo, Fujimura y Zhang, 2012), Blowtooth (Kirman, Linehan y Lawson, 2012) y Barbarrosa (Kasapakis, Gavalas y Bubaris, 2013). Adicionalmente se incorporó al análisis la transmisión en vivo de partidas de juego, debido a que muestra un esquema de interacción exitoso entre jugadores y espectadores, y presenta distintos atractivos que pueden trasladarse en otros contextos donde se utilicen los juegos como factor de motivación.

Entre de los aspectos que se han tomado en cuenta para el análisis, se encuentran el esquema de organización de los participantes y el tipo de interacción social que se produce. De esta manera es posible identificar esquemas de organización relacionados con el nivel de responsabilidad con respecto a los objetivos, con la ubicación geográfica de los miembros, entre otros, así mismo, se encuentran esquemas de trabajos basados en Misiones que sirve para canalizar el esfuerzo de los participantes, Competencias, en el que los equipos o sus integrantes interactúan para conseguir un ganador, Combates grupales, que son duelos en el que se enfrentan dos equipos para determinar un ganador.

Con ello es posible identificar un conjunto de mecánicas y estrategias que pueden servir de referencia para resolver problemas recurrentes en el diseño de experiencias de juego que incorpore a Jugadores y Espectadores:

1. Crear misiones para espectadores utilizando actividades sugeridas por jugadores. De acuerdo con los intereses de los jugadores, pueden confeccionarse misiones que son ejecutadas por espectadores y que permite la distribución de distintos tipos de recompensas que se usan para construir cuadro de líderes y permitir su intercambio.
2. Crear misiones para Jugadores, el desarrollo de las actividades viene acompañada de la participación de los espectadores como agentes validadores y de soporte a las actividades. La Misión es creada con el fin de distribuir un conjunto de actividades a un grupo de Jugadores, algunas de las tareas pueden necesitar de distintas formas de contribución o participación de los espectadores, de esta forma pueden ser asesores, un obstáculo o cualquier otro tipo de figura que motive la interacción consciente o inconsciente.
3. Competencia entre agrupaciones mixtas conformadas por jugadores y espectadores. El diseñador propone un objetivo que se logra mediante el esfuerzo conjunto de los participantes, para ello se definen grupos de trabajo mixtos integrados por jugadores y espectadores, con diversas restricciones de tiempo, espacio y recursos, los jugadores interactúan con espectadores que podrán aportar información valiosa de manera consciente o inconscientes.
4. Competir entre grupos de jugadores, con la presencia de un grupo de espectadores. La competencia se desarrolla entre equipos de jugadores que luchan para alcanzar las metas propuestas por el diseñador. Los espectadores suelen ver el desarrollo de las actividades y aportan elementos de información de valor para el desarrollo de la competencia, emiten comentarios favorables o desfavorables sobre las acciones que ejecutan los jugadores.

5. Usar al Espectador como un objeto dentro del mundo de juego.
6. Manejar distintos niveles de conciencia de los participantes acerca del rol y utilidad que juega dentro del desarrollo de la experiencia de juegos.

9. Catálogo de patrones para experiencias de juego sociales pervasivas

La aparición de patrones en el ámbito del desarrollo de software ha supuesto un salto significativo en el área de reutilización. Los patrones han abierto el camino a la reutilización del conocimiento empírico que ha demostrado su validez en la resolución de distintos problemas que podemos encontrar en cualquier etapa del desarrollo de software, se pueden ver como componentes reutilizables de conocimiento. Los patrones además de crear un cuerpo de conocimientos y buenas prácticas de diseño a lo largo del proceso de desarrollo de software establecen un conjunto de términos y vocabulario que permite transmitir conocimiento y establecer un estándar de comunicación entre los miembros del equipo de desarrollo.

Existen distintos tipos de clasificaciones para los patrones, empleando distintos criterios para agruparlos y determinar cuál es el momento más adecuado de emplearlos en el marco del proceso de construcción del software. En el caso de las experiencias de juego sociales pervasivas la construcción de un cuerpo de patrones conceptuales (Riehle y Züllighoven, 1996) o de análisis (Fowler, 1997) supone crear un conjunto de descripciones que sirven para entender este dominio del problema y para agilizar el entendimiento y la comunicación de aquellas abstracciones claves.

Un patrón puede formar parte de un lenguaje, de la misma forma en la que una instrucción sintetiza su esencia y facilita la transmisión del conocimiento y el entendimiento entre las personas. Mediante la combinación de varios de estos patrones se componen sentencias más complejas con las que poder hacer frente a problemas de distinta envergadura.

Se pueden crear colecciones de patrones que sirven para abordar problemas en un dominio específico, los autores lo citan indistintamente de diferentes maneras, Catálogo de Patrones, Lenguaje de Patrones y Sistema de Patrones. Además de enumerar los patrones que lo conforman, pueden incluir información relativa a los tipos de relación que puede producirse entre ellos, como, dependencia, orden de ejecución, entre otros.

Un catálogo de patrones puede estructurarse a partir de un criterio, de tal manera que facilite su selección y aplicación en distintos instantes del proceso. De esta manera existen catálogos de patrones para análisis, arquitectura, diseño, programación, proceso, organización, tiempo, interfaz de

usuario, hipermedia, interacción persona-ordenador, seguridad, entre otros.

Dentro de cada catálogo, es posible utilizar distintos niveles de agrupación, con esto se facilita el proceso de selección en cada momento del proceso, Gamma (Gamma et al., 1995) propone clasificar los patrones según su propósito (creación, estructura o comportamiento) y ámbito de aplicación (Clase u objeto). Propone además un conjunto de relaciones entre ellos como, patrones frecuentes, patrones alternativos, patrones similares, patrones relacionados.

Se propone un catálogo de patrones conceptuales relacionados con las dinámicas, mecánicas o elementos de juego que puedan requerirse para soportar la expansión social en una experiencia de juego. Estos patrones persiguen describir, usando un alto nivel de abstracción, la organización y forma de proceder de los participantes en este tipo de experiencia. Para organizarlos se ha creado una tipología de patrones en función de distintos aspectos relacionados con el trabajo cooperativo que ejecutan los grupos de participantes involucrados, esto es, la forma en que se organizan, cómo interactúan, qué tipo de activos se producen y consumen, entre otros.

9.1 Tipos de Patrones

Para la definición del catálogo se han identificado cinco categorías de patrones, utilizando criterios relacionados a la definición e interacción entre los grupos de trabajo y los tipos de patrones descritos en el trabajo de Isla-Montes (Isla-Montes y Gutierrez, 2007). Este trabajo resulta muy importante pues recoge una lista de completa de patrones relacionados al trabajo cooperativo en las organizaciones que resulta muy familiar al momento de describir la interacción social en experiencias de juego social pervasiva:

1. Esquema de agrupación, Describe distintos criterios utilizados para agrupar los participantes.
2. Equipo, especifica las responsabilidades concretas (roles) que típicamente asumen un conjunto de actores (miembros del equipo) que colaboran para llevar a cabo actividades específicas.
3. Rol, Especifica las responsabilidades que son comunes a un determinado tipo de rol.
4. Actividad, especifica tipos de esquema de trabajo que se realizan en el marco del desarrollo de una experiencia de juego.
5. Comunicación, está relacionado con la forma de interacción típica entre participantes para el intercambio de información.

9.2 Lista de Patrones

A continuación, se presenta un conjunto de patrones conceptuales generados a partir del análisis del grupo de experiencias de juego sociales exitosas descritas en la sección 8. La Tabla 1 muestra un catálogo inicial de patrones agrupado

por tipo que puede ser utilizado en etapas iniciales de desarrollo de experiencias de juego, también incluye el nombre del patrón y una breve descripción de este.

Tabla 1. Patrones para Experiencias de Juego Sociales Pervasivas.

Esquema de Agrupación	
Agrupación por Responsabilidad respecto a los Objetivos	Se refiere a los criterios utilizados para establecer el nivel de responsabilidad de una persona con respecto a los objetivos de la experiencia.
Agrupación por Cercanía	Explora los criterios relacionados con la cercanía entre participantes para conformar equipos de trabajo.
Agrupación por Geolocalización	Describe la Geolocalización como forma de organización de la estructura de un equipo de trabajo.
Agrupación por Nivel de Conciencia sobre Rol	Modela la agrupación de los participantes en relación con el nivel de percepción que pueden tener sobre su responsabilidad en el desarrollo de las actividades planteadas en la experiencia de juego.
Equipo	
Espectadores	Se relaciona a los Participantes que intervienen de manera directa o indirecta en las responsabilidades de los jugadores.
Jugadores	Describe las características de los participantes que tienen responsabilidad directa en los objetivos propuestos para la experiencia de Juego. para conformar equipos de trabajo.
Rol	
Jugador	Se refiere a las responsabilidades que tiene un Jugador en el marco de una experiencia de juego social pervasiva.
Espectador como Participante	Describe el comportamiento de un espectador en un rol de apoyo activo al Jugador.
Espectador como Objeto de Juego	Relata el rol pasivo del Espectador en una experiencia de Juego. El Espectador es un objeto sensible a interacción en el mundo de juego de la experiencia.
Actividad	
Combate	Describe un esquema de interacción entre dos partes para alcanzar un objetivo concreto y en función a los resultados alcanzados determinar un ganador.
Competencia	Expone un esquema de interacción entre n partes para establecer un orden de liderazgo entre ellos.

Misión	Relata la estructuración del trabajo en equipo entre Jugadores y Espectadores, sobre la base de la estructuración de una cadena de objetivos.
Intercambio de Rol	Se refiere a cómo un participante en la experiencia puede tener varios roles a lo largo de la ejecución de esta.
Comunicación	
Debate No Moderado	Modela una conversación libre entre varios participantes.
Debate Moderado	Describe cómo se realiza la interacción entre los participantes mediante la participación de un Moderador.
Mensajes Encolados	Se refiere a la comunicación asincrónica en la que un participante emite una petición y no espera la respuesta del receptor o receptores para poder continuar.
Publicación-Subscripción	Forma de comunicación asincrónica en la que los emisores (publicadores) no envían directamente sus mensajes a receptores específicos (suscriptores). Los mensajes publicados son divididos en clases. Los suscriptores expresan su interés en una o más clases, sin tener conocimiento de los publicadores, solo reciben los mensajes en los que están interesados.

10. Conclusiones y trabajo futuro

El trabajo se centra en construir un catálogo de patrones que el diseñador pueda utilizar en etapas iniciales del proceso de desarrollo con el fin de describir a muy alto nivel las mecánicas y elementos de juego que serán implementadas en la experiencia de juego.

En el artículo se hace una descripción del funcionamiento de una experiencia de juego social pervasiva y los componentes que la hacen posible, se detalla el rol de la mecánica de juego como elemento fundamental para alcanzar los objetivos propuestos y de otros componentes que coadyuvan en esta labor, en especial la historia y el mundo de juego.

Se pudo evidenciar cómo las mecánicas de juegos sociales pervasivos son flujos de trabajo creados por el diseñador para dirigir las actividades del grupo de participantes que intervienen en una experiencia de juego. Tomando como referencia el grado de responsabilidad y contribución que los actores tienen sobre los objetivos, se identifican dos tipos de roles: Jugadores y espectadores.

La integración del espectador supone retos importantes para construir nuevos esquemas de colaboración y competencia, los equipos de trabajo ahora pueden ser homogéneos o mixtos, y

puede recurrirse a distintos criterios para construir esta diversidad, como elementos demográficos, geográficos, género, nacionalidad, entre otros.

Se presenta un listado de mecánicas de juego sociales generadas a partir del análisis de un conjunto de 10 experiencias sociales exitosas, en el proceso se toma en consideración dimensiones relacionadas al esquema de organización y de interacción social empleado. Es así como el listado describe, misiones dirigidas por jugadores, misiones con conformación mixta, competencias de equipos mixtos y competencias grupales con participación del espectador.

La versión inicial del catálogo fue generada a partir del listado de mecánicas de juego presentado en la sección 8 e incluye 5 categorías de patrones, Esquema de Agrupación, Equipo, Actividad, Rol y Comunicación.

Esta versión solo muestra el nombre y descripción del patrón, pero se hace necesario en futuras entregas ofrecer una descripción más detallada de cada uno de ellos utilizando alguna descripción estándar para patrones que incluya también la relación con otros similares. Igualmente se espera que con una versión más completa del catálogo pueda aplicarse en un caso de estudio y con ello comprobar su efectividad en la construcción de experiencias de juego social pervasiva.

Agradecimientos

Trabajo financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidad (MCIU), la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y la UE (FEDER) a través del contrato PERGAMEX-ACTIVE (RTI2018-096986-B-C32)

Referencias

- Adams, E. (2014). *Fundamentals of game design*. Pearson Education.
- Aparicio, A., Montes, J., & Vela, F. (2016). Analysis of the effectiveness of gamification. *APPLEPIES Proceedings*, 108-119.
- Arango, J., Gallardo, J., Gutiérrez, F.L., Amengual, E., Collazos, C., "GeoPGD: Proposed methodology for the Implementation of Geolocated Pervasive Games", In *Proceedings of the XIX International Conference on Human Computer Interaction*, ACM Digital Library, (2018).
- Arango, J., Gutiérrez, F.L., Collazos, C., Moreira F., "Modeling and defining the pervasive games and its components from a perspective of the player experiences", In *World Conference on Information Systems and Technologies*, pp. 625-635, Springer Verlag, (2018).
- Barnett, J., & Coulson, M. (2010). Virtually real: A psychological perspective on massively multiplayer online games. *Review of General Psychology*, 14(2), 167-179.
- Bell, M., Reeves, S., Brown, B., Sherwood, S., MacMillan, D., Ferguson, J., & Chalmers, M. (2009, April). Eyespy: supporting navigation through play. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems* (pp. 123-132).
- Casey, S., Kirman, B., & Rowland, D. (2007, June). The gopher game: a social, mobile, locative game with user generated content and peer review. In *Proceedings of the international conference on Advances in computer entertainment technology* (pp. 9-16).
- Chatzigiannakis, I., Mylonas, G., Akrivopoulos, O., Logaras, M., Kokkinos, P., & Spirakis, P. (2010). The "hot potato" case: challenges in multiplayer pervasive games based on ad hoc mobile sensor networks and the experimental evaluation of a prototype game. *arXiv preprint arXiv:1002.1099*.
- Fowler, M. (1997). *Analysis patterns: reusable object models*. Addison-Wesley Professional.
- Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., Johnson, R. E., & Vlissides, J. (1995). *Design patterns: elements of reusable object-oriented software*. Pearson Deutschland GmbH.
- Grace, L. (2019). *Doing Things with Games: Social Impact Through Play*. CRC Press.
- Guo, B., Fujimura, R., Zhang, D., & Imai, M. (2012). Design-in-play: improving the variability of indoor pervasive games. *Multimedia Tools and Applications*, 59(1), 259-277.
- Hinske, S., Lampe, M., Magerkurth, C., & Röcker, C. (2007). Classifying pervasive games: on pervasive computing and mixed reality. *Concepts and technologies for pervasive games-a reader for pervasive gaming research*, 1(20), 1-20.
- Huizinga, J. (1970). *Homo Ludens: a study of the play element in culture*. New York: Harper Editions.
- Hunicke, R. L. (2004). *MDA: A Formal Approach to Game De-sign and Game Research*.
- Järvinen, A. (2008). *Games without Frontiers: Theories and Methods for Game Studies and Design* (Doctoral's Thesis). University of Tampere.
- Kasapakis, V., Gavalas, D., & Bubaris, N. (2013, June). Addressing openness and portability in outdoor pervasive role-playing games. In *2013 Third International Conference on Communications and Information Technology (ICCIT)* (pp. 93-97). IEEE.
- Kirman, B., Linehan, C., & Lawson, S. (2012). Blowtooth: a provocative pervasive game for smuggling virtual drugs through real airport security. *Personal and Ubiquitous Computing*, 16(6), 767-775.
- Laato, S. P. (2019). A review of location-based games: Do they all support exercise, social interaction and cartographical training?. *CSEDU* (1), 616-627.
- Marczewski, A. (2015). *Even Ninja Monkeys like to play*. CreateSpace Indep. Publish Platform.

- Matyas, S., Matyas, C., Schlieder, C., Kiefer, P., Mitarai, H., & Kamata, M. (2008, December). Designing location-based mobile games with a purpose: collecting geospatial data with CityExplorer. In *Proceedings of the 2008 international conference on advances in computer entertainment technology* (pp. 244-247).
- Medina, N. M., Gallardo, J., Cerezo, E., Gutiérrez, F., & Arango-Lopez, J. (2021). Hacia una propuesta de evaluación heurística de experiencias de juego pervasivas. *Revista de la Asociación Interacción Persona Ordenador (AIPO)*, 2(2), 42-53.
- Montes, J. L. I., & Guti, F. L. (2007). Modelado Conceptual de Sistemas Cooperativos en base a Patrones en AMENITIES. Granada.
- Montola, M. S. (2009). Pervasive games: theory and design. Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Razikin, K., Tan, K. T., Goh, D. H. L., Chua, A. Y., & Lee, C. S. (2011, April). SPLASH: Perspectives on Mobile Socializing, Playing and Content Sharing. In *2011 Eighth International Conference on Information Technology: New Generations* (pp. 873-878). IEEE.
- Riehle, D., & Züllighoven, H. (1996). Understanding and using patterns in software development. *Tapos*, 2(1), 3-13.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2017). Self-Determination Theory. Basic Psychological Needs in Motivation, Development and Wellness. Londres: Guilford Press.
- Schell, J. (2019). Tenth Anniversary: The Art of Game Design: A Book of Lenses. AK Peters/CRC Press.
- Seering, J. S. (2017). Audience participation games: Blurring the line between player and spectator. *Conference on Designing Interactive Systems*, (pp. 429-440).
- Sicart, M. (2008). Designing game mechanics. *International Journal of Computer Game Research*, Vol. 8, No. 2.
- Statista. (2022). Statista dossier about live streaming. Retrieved from statista.com: <https://www.statista.com/study/108733/live-streaming/>
- Valera-Aranguren, R., Rodriguez, P. P., Vela, F. L. G., Arango-López, J., & Moreira, F. (2021, March). SocialPG: Proposed model for building pervasive social play experiences. In *World Conference on Information Systems and Technologies* (pp. 123-132). Springer, Cham.
- Valera-Aranguren, R., Rodriguez, P. P., Vela, F. L. G., Arango-López, J., & Moreira, F. (2022). Building a pervasive social gaming experience using SocialPG. *Expert Systems*, e13023.
- Yee, N. (2006). Motivations for Play in Online Games. *CyberPsychology & Behavior* 9, 772-775.

Sección Especial: Grupos de investigación

Grupo de Investigación Tecnologías Interactivas - TecInt

Interactive Technologies Research Group

Valéria F. Martins, Ana Grasielle D. Correa
Pós-Graduação em Computação Aplicada/Pós-Graduação em Distúrbios do Desenvolvimento
Univ. Presbiteriana Mackenzie
São Paulo, Brasil
{valeria.farinazzo, ana.correa}@mackenzie.br

Bruno S. Rodrigues, Daniela V. Cunha, Pedro H. C. Braga, Joaquim Pessoa Filho, Antonio L. Basile
Faculdade de Computação e Informática
Univ. Presbiteriana Mackenzie
São Paulo, Brasil
{bruno.rodrigues, daniela.cunha, pedro.cacique, antonioluiz.basile}@mackenzie.br

Ismar F. Silveira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Computação
Univ. Presbiteriana Mackenzie
São Paulo, Brasil
ismar.silveira@mackenzie.br

Cibelle Amato
Pós-Graduação em Distúrbios do Desenvolvimento
Univ. Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil
cibelle.amato@mackenzie.br

Maria Amélia Eliseo
Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada
Univ. Presbiteriana Mackenzie
São Paulo, Brasil
mariaamelia.eliseo@mackenzie.br

Cesar Alberto Collazos
Departamento de Sistemas
Universidad del Cauca
Popayan, Colombia ccollazos@unicauca.edu.co

Recibido: 06.10.2022 | Aceptado: 03.12.2022

DOI: <https://doi.org/10.65234/interaccion.71>

Palabras Clave

Accesibilidad e Inclusión Digital
Rehabilitación Motora
Intervención Lingüística
Aplicaciones móviles
Hardware
Interfaces multimodales
Evaluación de usabilidad

Resumen

El grupo de investigación Tecnologías Interactivas – TecInt tiene como objetivo promover y realizar actividades de investigación relacionadas con Realidad Virtual, Aumentada y Mixta, Interfaces Multimodales, Usabilidad, Aplicaciones Móviles, Integración IoT, etc., centrándose en soluciones en las áreas de Salud y Educación. El grupo ha investigado en varias áreas y, sobre todo, ha trabajado en proyectos en las siguientes líneas: Rehabilitación motora y cognitiva, Accesibilidad e inclusión digital, Serious games, Intervención del lenguaje, Evaluación de la Usabilidad y la Accesibilidad. TecInt está asociado con el Departamento de Computación e Informática de la Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM), y los Programas de Posgrado en Computación Aplicada (PPGCA), Ingeniería Eléctrica y Computación (PPGEEC) y Trastornos del Desarrollo (PPGDD) en la UPM, en Brasil.

Keywords

Accessibility and Digital Inclusion
Motor Rehabilitation
Language Intervention
Mobile Applications
Hardware
Multimodal Interfaces
Usability Assessment

Abstract

The Interactive Technologies – TecInt research group aims to promote and conduct research activities related to Virtual, Augmented and Mixed Realities, Multimodal interfaces, Usability, Mobile Applications, IoT Integration and so on, focusing on solutions in Health and Education areas. The group has made research in several areas, and, above all, worked on projects along the following lines: Motor and cognitive rehabilitation, Accessibility and digital inclusion, Serious games, Language intervention, Usability and Accessibility Evaluation. TecInt is associated with the Computing and Informatics Department of Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM), and the Graduate Programs in Applied Computing (PPGCA), Electrical Engineering and Computing (PPGEEC) and Developmental Disorders (PPGDD) at UPM, Brazil. Furthermore, the group has the participation of a Colombian researcher associated with the Universidad del Cauca, Colombia

1. Introducción

El grupo de investigación TecInt - Tecnologías Interactivas está formado por investigadores de la Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) de São Paulo, Brasil, pertenecientes a tres Programas de Posgrado (Computación Aplicada, Ingeniería Eléctrica y Computación y Trastornos del Desarrollo) e investigadores asociados al Departamento de Computación e Informática de esa universidad. El grupo también cuenta con la colaboración de un investigador del Departamento de Sistemas de la Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. Estas características hacen que el grupo sea bastante multidisciplinar en su trabajo en proyectos de investigación. Es posible acceder a la información del grupo en la dirección del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [CNPq]: <http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogruppo/5154626770442830>.

Creado en 2021, TecInt estaba integrado por investigadores del antiguo grupo de investigación Visual Computing, activo de 2005 a 2019, centrado en la investigación en Computación Gráfica, Juegos Digitales, Realidad Virtual y Aumentada, Interfaz Humano-Computadora y áreas afines. A estos investigadores se sumaron otros que trabajan con interfaces móviles, hardware, IoT y tecnologías de la información en educación y logopedia, aumentando el carácter multidisciplinar del grupo. TecInt tiene las siguientes líneas de investigación en el área de sistemas interactivos:

- Rehabilitación motora y cognitiva: desarrollo y evaluación de dispositivos no convencionales para apoyar la intervención de rehabilitación motora y cognitiva de personas con discapacidad o trastorno del desarrollo (Ferreira et al., 2021).
- Accesibilidad e inclusión digital: implica trabajos principalmente relacionados con la inclusión digital en entornos educativos (Spigel et al., 2021).
- Juegos serios: desarrollo y evaluación de juegos serios para diferentes plataformas para apoyar la salud y la educación de las personas con discapacidad o trastorno del desarrollo (Lima et al., 2021; Figueiredo et al., 2021).
- Intervención del lenguaje: desarrollo de aplicaciones y software relacionado con la evaluación, prevención y tratamiento de los trastornos del lenguaje (Amato et al., 2021).
- Evaluación de Usabilidad y Accesibilidad: el estudio de metodologías de evaluación de usabilidad/accesibilidad de diferentes tipos de interfaces convencionales y no convencionales (Navikas et al. 2022).

Actualmente, el grupo cuenta con diez investigadores, un investigador extranjero, un estudiante de doctorado, tres estudiantes de maestría y un estudiante de pregrado. El grupo dispone de un laboratorio físico, denominado Laboratorio de

Tecnologías Interactivas (Laboratório de Tecnologias Interativas [LTI]), ubicado en la UPM. Participa en dos redes de investigación: HCI-Collab - Red Colaborativa para apoyar procesos de enseñanza-aprendizaje en Interacción Humano-Computador a nivel Iberoamericano- y VG- Collab - Red Iberoamericana colaborativa de investigación y desarrollo de videojuegos en Iberoamérica. En 2022, los investigadores del grupo supervisaron alrededor de 4 proyectos de Iniciación Científica, 23 Trabajos de Finalización de Grado, 12 disertaciones de maestría y 8 tesis doctorales. El grupo ha publicado alrededor de 200 trabajos en revistas científicas, libros, capítulos de libros y actas de eventos nacionales e internacionales en los últimos cinco años.

2. Proyectos de Investigación

2.1 Smart Ecosystem for Learning and Inclusion (SELI)

Iniciado en 2019, con el apoyo de ERANET-LAC, el objetivo general del proyecto SELI es desarrollar e implementar un conjunto de herramientas y entornos basados en TIC de acceso abierto para fomentar la digitalización del ecosistema de aprendizaje, revitalizar la educación y mejorar la inclusión y la accesibilidad, en las regiones de la Unión Europea y América Latina y el Caribe. Proyecto internacional con diez miembros de América Latina, el Caribe y Europa. Se propuso que el proyecto SELI se centre principalmente en proporcionar nueva pedagogía y métodos, nuevos entornos de aprendizaje y formación digital de educadores, incluidos profesores de educación superior, futuros profesores y formadores en los sectores de servicios sociales (Martins et al. 2020; Tomczyk et al., 2022).

2.2 Juegos serios controlados por plataformas de equilibrio para el entrenamiento del equilibrio

La manifestación de los trastornos del equilibrio corporal es uno de los principales cambios en el proceso de envejecimiento y puede llevar a las personas mayores a reducir su autonomía social, debido a la predisposición a las caídas. Investigadores del Laboratorio de Game Therapy y Realidad Virtual (Lab GameVR) han desarrollado un juego serio denominado "Snowboard Game", diseñado para ayudar a los profesionales de la salud en el entrenamiento del equilibrio. El sistema consiste en un juego con temática de snowboard en el que el jugador debe esquivar obstáculos en el camino. El control del juego se realiza a través de una plataforma de monopatín electrónico. Nuestro próximo paso es investigar, mediante ensayos clínicos aleatorizados, la eficacia de los juegos serios en el entrenamiento del equilibrio.

2.3 Videojuegos para la salud y la educación

El proyecto está formado por un equipo multidisciplinar (fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales, educadores, informáticos, ingenieros y diseñadores de juegos).

Los investigadores del GameVR Lab han desarrollado un juego llamado TurbeLab para desarrollar las funciones ejecutivas (EF) de los niños. El juego está ambientado en la temática Microbiología, consta de 3 etapas, donde cada etapa del juego está compuesta por 3 minijuegos. Cada minijuego explora una de las tres funciones ejecutivas: flexibilidad cognitiva, control inhibitorio y memoria de trabajo.

2.4 Acelera: juego serio para la rehabilitación del pie

En este proyecto, iniciado por investigadores del GameVR Lab en 2019, se desarrolló un juego de obstáculos llamado “Acelera”, donde el usuario necesita controlar un automóvil para esquivar conos y agujeros en la pista. El carro se controla a través de los movimientos de los pies (dorsiflexión y flexión plantar), llevándolos activamente hacia arriba y hacia abajo respectivamente. Para capturar el movimiento del pie, se desarrolló un dispositivo portátil (acoplado a un zapato), análogo a un joystick para el juego, donde los sensores integrados en el zapato transmiten información sobre el movimiento del pie del usuario a una computadora. El juego de obstáculos se desarrolló porque se considera un juego sencillo que puede ser entendido y jugado fácilmente por niños a partir de los 4 años. La secuenciación de obstáculos y consecuentemente las actividades de dorsiflexión y flexión plantar, propuestas por el juego, fueron estructuradas, con el apoyo de fisioterapeutas, en torno a una simulación de tareas normalmente realizadas en sesiones de rehabilitación para niños con Pie Zambo Congénito.

2.5 Tecnologías Interactivas Aplicadas a la Salud y la Educación

Iniciado en 2018, busca identificar cómo las tecnologías interactivas pueden ser aplicadas y contribuir positivamente en las áreas de Salud y Educación, principalmente vinculadas a temas de accesibilidad, inclusión digital, diseño universal para el aprendizaje, dislexia, autismo, discapacidad intelectual, entre otros.

Entre los trabajos desarrollados en este proyecto, podemos mencionar algunos trabajos de grado y de maestría con resultados muy satisfactorios. Farina, Amato e Martins (2021) presentan la creación de un software capaz de adaptar los sonidos generados por un teléfono inteligente a un rango de intensidad de acuerdo con las necesidades del usuario, es decir, imita la funcionalidad de los audífonos para un teléfono inteligente. Figueiredo et al. (2021) propone un juego digital, denominado Kera Puzzle, con el objetivo de ser utilizado de manera complementaria en estas sesiones de logopedia para ayudar en la conciencia fonológica de los niños antes del período escolar. Martins et al. (2019) pretenden contribuir a la creciente inclusión de personas que llevan mucho tiempo fuera de la sociedad, es posible construir material didáctico accesible para públicos específicos, como por ejemplo para los adultos mayores.

2.6 La Industria 4.0 con enfoque en factores humanos

Iniciada en 2022, con el apoyo de MackPesquisa (Agencia de financiación interna de la Universidade Presbiteriana

Mackenzie) esta investigación tiene como objetivo promover actividades que contribuyan a la transformación tecnológica de las pequeñas y medianas empresas brasileñas hacia la Industria 4.0, con foco en los factores humanos en el uso de la tecnología y el desarrollo sostenible e inclusivo. Se pretende analizar estas empresas para conocer su situación tecnológica, detectar necesidades de desarrollo y gestión del conocimiento que permitan mejorar los niveles de productividad. Además, se pretende evaluar el potencial de los productos TIC, considerando los factores humanos, la accesibilidad y la integración humano-computadora, para su adecuado uso en los sectores productivos.

2.7 Identificación temprana de déficits lingüísticos - La validación de una herramienta digital

La propuesta de este estudio de desarrollar y validar una herramienta digital para la identificación temprana de déficits de lenguaje en un gran número de niños en la primera infancia con la posibilidad de investigar evidencias de trastornos del desarrollo y determinar los niños que se beneficiarían de una evaluación más completa se convierte en una prioridad. La aplicación, denominada Tagarela, está compuesta por dos versiones: la versión web para gestionar todo el registro y control de guarderías, encargados, cuidadores, tutores y niños; y una versión móvil que cuenta con cuestionarios según la edad de cada niño, cuestionarios sobre habilidades de lectura y escritura y estímulos si el niño lo necesita desde el punto de corte. La construcción para el grupo de edad de 3 a 5 años, en cuanto a los cuestionarios sobre habilidades de lectura y escritura y el programa de estimulación (Amato et al., 2021).

3. Diseminación de la Investigación

La difusión de la investigación se ha realizado en varios frentes. En congresos nacionales e internacionales se presentan trabajos vinculados a proyectos de investigación, además de conferencias y talleres.

En el contexto de conferencias, el grupo organizó, en 2021, la VII Conferencia Iberoamericana de Interacción Humano-Ordenador, un evento en el contexto de los países de América Latina y la Península Ibérica, impulsado por la red de colaboración HCI-Collab.

El grupo también se ha comprometido a colaborar con otros investigadores en el desarrollo de libros. El primero (Del Río y Linares, 2022) trae el contexto de definición y diseño de servicios digitales en UX, lanzado en 2022, con 41 autores de 19 países de América Latina y contó con la participación de uno de los investigadores del grupo. El segundo libro (Muñoz-Arteaga et al., 2022) fue una acción de la red de colaboración HCI-Collab, en la que dos investigadores del grupo participaron en la elaboración de tres capítulos. Finalmente, el tercer libro, aún en proceso de producción, traerá tres capítulos de libro en el área de sistemas interactivos (Diseño de Interacción y Experiencia de Usuario, Análisis de Usabilidad

de Sistemas Interactivos y Organización y Arquitectura de Sistemas Interactivos) que corresponden a una acción difusión del Programa de Posgrado en Computación Aplicada que opera parte del grupo.⁶ Evaluación de las TIC para impulsar la transformación tecnológica de las micro y pequeñas empresas en la incorporación de la Industria 4.0 con enfoque en factores humanos

Referencias

- Lima, T.F. M.; Assis, G.A.; Corrêa, A.G.; Brandão, A.F. Jogos sérios em saúde: conceitos e aplicações. In: Ana Grasielle Dionísio Corrêa; Bruno da Silva Rodrigues; Cibelle Albuquerque de la Higuera Amato; Valéria Farinazzo Martins. (Org.). *Tecnologias Aplicadas em Educação e Saúde*. 1ed.São Paulo: Memnon, 2021, v. 1, p. 180-196.
- Amato, C. A. D. L. H., Rossi, A. C., dos Santos Silva, A. R., Silva, M. G. L., & Martins, V. F. (2021). Identificação precoce de déficits de linguagem: A construção de uma ferramenta digital. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E39), 627-642.
- Del Río, M. S., & Linares, F. (2022). UX Latam: historias sobre definición y diseño de servicios digitales.
- Farina, P. G., Higuera Amato, C. A. D. L., & Martins, V. F. (2021, March). Development of Adaptive Software for Individuals with Hearing Loss. In *World Conference on Information Systems and Technologies* (pp. 532-543). Springer, Cham.
- Ferreira, D.R., Baptista, C. K., da Silva Rodrigues, B., Siqueira, B. C., Blascovi-Assis, S. M., & Corrêa, A. G. (2021). Development and Test of a Serious Game for Dorsiflexion and Plantarflexion Exercises of the Feet. *Journal on Interactive Systems*, 12(1), 58-68.
- Figueiredo, K. O., Cardenuto, R. R., Amato, C. A., & Martins, V. F. (2021). Kera Puzzle: jogo digital educacional para apoio à intervenção fonoaudiológica. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E41), 503-515.
- Kawamoto, A. L. S., Marques, D., & Martins, V. F. (2020). Revisão Sobre Usabilidade em Sistemas de Interação Não-Convencional. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E26), 624-636.
- Martins, V. F., Amato, C. A., Eliseo, M. A., Silva, C., Herscovici, M. C., Oyelere, S. S., & Silveira, I. F. (2019, October). Accessibility recommendations for creating digital learning material for elderly. In *2019 XIV Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO)* (pp. 81-86). IEEE.
- Martins, V. F., Tomczyk, Ł., Amato, C., Eliseo, M. A., Oyelere, S. S., Akay, Ö. Y., ... & Silveira, I. F. (2020, July). A Smart Ecosystem for Learning and Inclusion: An Architectural Overview. In *International Conference on Computational Science and Its Applications* (pp. 601-616). Springer, Cham.
- Muñoz-Arteaga, J.; Collazos, C. A.; Granollers, T. & García, H. L. (2022). *Perspectivas en la interacción humano-tecnología*. 1ed.Sao Paulo.
- Macêdo, L. C., & Silva, E. K. R. (2014). Realidade virtual no treinamento do equilíbrio em idosos: um estudo de revisão. *Revista Pesquisa em Fisioterapia*, 4(2).
- Navikas, F. H., Moreira, M. D., Higa, G. D., Granollers, T., Abou Mourad, J. P. F., & Martins, V. F. (2022, June). The Experience of the Elderly in Using Applications: Case Study of a Banking Application. In *2022 17th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (pp. 1-6). IEEE.
- Spigel, C. C., Amato, C., Eliseo, M. A., Silveira, I. F., & Martins, V. F. (2022). EXPERIENCE REPORT ON THE INTEGRATION OF INSTRUCTIONAL DESIGN AND ACCESSIBILITY IN THE CONSTRUCTION OF DIDACTIC MATERIAL. In *INTED2022 Proceedings* (pp. 4837-4846). IATED.
- Tomczyk, Ł., Mróz, A., Potyrała, K., & Wnęk-Gozdek, J. (2022). Digital inclusion from the perspective of teachers of older adults-expectations, experiences, challenges and supporting measures. *Gerontology & geriatrics education*, 43(1), 132-147.

Actividad en el ámbito de la Interacción Persona-Ordenador de un equipo de trabajo integrado en el grupo de investigación MCFLAI

Activity in the field of Human-Computer Interaction of a work team integrated in the MCFLAI research group

Santos Bringas

Departamento de Matemáticas,
Estadística y Computación
Universidad de Cantabria
España
santos.bringas@unican.es

Sergio Salomón

Departamento de Matemáticas,
Estadística y Computación
Universidad de Cantabria
España
sergio.salomon@alumnos.unican.es

Camilo Palazuelos

Departamento de Matemáticas,
Estadística y Computación
Universidad de Cantabria
España
camilo.palazuelos@unican.es

José Luis Montaña

Departamento de Matemáticas,
Estadística y Computación
Universidad de Cantabria
España
jose Luis.montana@unican.es

Rafael Duque

Departamento de Matemáticas,
Estadística y Computación
Universidad de Cantabria
España
rafael.duque@unican.es

Recibido: 10.10.2022 | Aceptado: 01.12.2022

DOI: <https://doi.org/10.65234/interaccion.75>

Palabras Clave

Perfiles de usuario
Calidad en uso
u-health
m- health

Resumen

Se presenta la actividad en el ámbito de la Interacción Persona-Ordenador de un equipo de trabajo integrado en el grupo de investigación MCFLAI (Mathematics & Computation: Foundations, Learning, Artificial Intelligence) de la Universidad de Cantabria

Keywords

User profiles
Quality-in-Use
u-health
m- health

Abstract

The activity in the field of Human-Computer Interaction of a work team integrated in the research group MCFLAI (Mathematics & Computation: Foundations, Learning, Artificial Intelligence) of the University of Cantabria is presented.

1. Introducción

El grupo de investigación MCFLAI (Mathematics & Computation: Foundations, Learning, Artificial Intelligence) está formado mayoritariamente por profesores del departamento de Matemáticas, Estadística y Computación de la Universidad de Cantabria. Los profesores Rafael Duque y José Luis Montaña son miembros del grupo MCFLAI y en los

últimos años coordinan un equipo que trabajo en las siguientes tres líneas de investigación relacionadas con la Interacción Persona-Ordenador:

- Generación de perfiles de usuarios de sistemas ubicuos.
- Medición de la calidad en uso de sistemas interactivos.

- Soluciones m-health y u-health en el ámbito de la neurología.
- Sistemas de ayuda en entornos colaborativos.

2. Equipo de trabajo y líneas de investigación

El equipo de trabajo involucrado en la investigación que se presenta en este artículo está formado por los siguientes miembros:

- Rafael Duque. Profesor Titular de Universidad. Coordina el equipo de trabajo.
- José Luis Montaña. Profesor Titular de Universidad. Coordina el equipo de trabajo.
- Camilo Palazuelos. Profesor Ayudante Doctor. Centra su actividad investigadora actual en la generación de perfiles de usuarios de sistemas ubicuos.
- Sergio Salomón. Estudiante de doctorado. Centra su actividad investigadora en la medición de la calidad de uso de sistemas interactivos y en la generación de perfiles de usuarios de sistemas ubicuos.
- Santos Bringas. Profesor a tiempo parcial en la Universidad de Cantabria y estudiante de doctorado. Centra su actividad investigadora en soluciones *m-health* y *u-health*.

2.1 Generación de perfiles de usuarios de sistemas ubicuos

Esta línea de investigación trata de caracterizar automáticamente la interacción de los usuarios en entornos de Computación Ubicua e Inteligencia Ambiental (Salomón et al., 2019). Dentro del trabajo realizado en el marco de esta línea de investigación cabe destacar el desarrollo de un sistema software que procese repositorios de información de la actividad de usuarios de *apps* en entornos ubicuos y genere mediante técnicas de *Learning from Observation* (LFO) especificaciones en lenguaje natural de los perfiles de usuario de estas aplicaciones de tal forma que se obtenga una ventaja competitiva adaptando los servicios y las características de estas *apps* a las particularidades de los usuarios. El paradigma LFO estudia cómo las computadoras pueden aprender a realizar tareas complejas imitando la actuación de un agente humano o de cualquier otro tipo. Por tanto, se estima que estas técnicas pueden ser explotadas para generar modelos que representen la conducta de los usuarios de las *apps* con el objeto de extraer posteriormente información descriptiva de sus rasgos característicos.

El mencionado sistema software, en primer lugar, procesa un repositorio de log con información descriptiva de las interacciones explícitas e implícitas de los usuarios. A continuación, se extraen características significativas de este repositorio que permiten modelar el comportamiento de cada usuario con la aplicación y con su entorno. Con el objetivo de

tener un número reducido de modelos descriptivos del comportamiento de todos los usuarios se propone utilizar técnicas de *clustering* que identifican grupos de usuarios con comportamientos similares. En otras palabras, se propone generar perfiles de usuario. El comportamiento de estos perfiles de usuario se modela mediante autómatas con pesos que permiten reproducir sus comportamientos mediante estados que reproducen las interacciones explícitas que los usuarios secuencian en función del contexto en el que se encuentran, el cual estará determinado por sus interacciones implícitas. Por último, de estos autómatas con pesos se extraerán textos descriptivos en lenguaje natural que muestran las características de los diferentes perfiles de usuarios (qué servicios son los más utilizados por estos usuarios, cuáles son sus patrones de movilidad, etc.). Estas transformaciones de autómatas con pesos a textos descriptivos en lenguaje natural se realizan mediante un sistema experto basado en reglas. Se estima que la información descriptiva de estos perfiles de usuario permitirá rediseñar aplicaciones y servicios para mejorar la experiencia del usuario una vez que se tenga un mayor conocimiento de ellos (por ejemplo, recomendando servicios según la localización del usuario, rediseñando *apps* que aglutinen los servicios más utilizados por el usuario, recomendando servicios y aplicaciones ya que son de interés para otros usuarios de ese mismo perfil, etc.).

2.2 Medición de la calidad en uso de sistemas interactivos

La interacción entre los usuarios y los sistemas informáticos se ha transformado en los últimos años debido a la proliferación de nuevos dispositivos y el surgimiento de nuevos paradigmas de interacción. Este es el caso de la Computación Ubicua y los sistemas sensibles al contexto, que plantean entornos en los que los servicios reaccionan a las condiciones del usuario para adaptarse a sus necesidades. Asimismo, estos desarrollos han dado lugar a la generación de grandes cantidades de datos que contienen información sobre la interacción del usuario, su actividad, tendencias y comportamiento. Estos datos pueden presentar información relevante sobre el uso de aplicaciones y la satisfacción del usuario respecto a la interacción con ellas. Así, el análisis de estas observaciones con las técnicas adecuadas podría permitir la estimación de la experiencia de usuario percibida según los patrones que exhibe: tareas que completa, acciones que evita, secuencias de acciones seguidas, tiempo que requiere para cumplir unos objetivos, etc.

En esta línea de investigación se estudia la evaluación semiautomática de la calidad de la interacción a partir de los datos de interacción exclusivamente. Este tipo de evaluación implica que sea posible prescindir de métodos donde el usuario tenga que participar activamente, mediante cuestionario o entrevistas, y se reduzca de coste y complejidad de evaluar la calidad de la interacción. Se considera el modelo de calidad en

uso software para valorar el efecto de la interacción con una aplicación y la adaptación de esta al contexto del usuario.

Así se ha construido un *framework* (Salomón et al., 2022) para estimar la calidad en uso que pueda ser integrado en la aplicación cuya interacción se desea evaluar. En este *framework* se emplean técnicas de la Minería de Datos como el análisis de conglomerados y los modelos probabilísticos de Markov, los cuales permiten obtener perfiles de usuario y patrones de comportamiento respectivamente. Finalmente, se calcula un conjunto de indicadores para estimar la calidad en uso a partir de estos modelos y son comparados con un hipotético caso ideal que establece el evaluador para valorar el resultado.

2.3 Soluciones m-Health y u-Health en el ámbito de la Neurología

Bajo esta línea de investigación se han desarrollado diversos trabajos en colaboración con el servicio de Neurología del Hospital General Universitario Marqués de Valdecilla y el Instituto de Investigación Marqués de Valdecilla¹. El primero de estos trabajos ha tenido como objetivo la valoración de apraxias en pacientes con enfermedad de Alzheimer mediante soluciones *m-Health*.

La apraxia se define como la existencia de un déficit en la ejecución de movimientos voluntarios sin que ello sea debido a un defecto de las funciones motoras o sensitivas elementales o a problemas de comprensión. La apraxia imitativa supone una dificultad para imitar movimientos o gestos sencillos, propuestos a través de una imagen o un vídeo. Hasta el momento, la evaluación de este tipo de apraxia se realiza por un neurólogo experto en ambiente clínico, el cual propone al paciente una serie de gestos, mostrados en una serie de imágenes, y el médico evalúa cuantitativamente la ejecución de los mismos. Esto supone una serie de desventajas que pueden resultar obvias: subjetividad del médico, diferencias entre ejecuciones similares o trabajo tedioso y repetitivo.

En este contexto se ha planteado una iniciativa investigadora encaminada a grabar los gestos de los pacientes mediante una cámara de video de un *Smartphone* y que los videos generados sean procesados por redes neuronales convolucionales para determinar automáticamente el grado y los factores de error que comete el paciente al reproducir el movimiento. Con esto se pretende dar una herramienta de ayuda al diagnóstico a los equipos de neurología encargados de detectar y evaluar la enfermedad del Alzheimer, pudiendo detectarse incluso en fases precoces.

El segundo trabajo de esta línea de investigación ha explorado mediante soluciones *u-Health* la relación existente entre los

trastornos de movilidad y el grado de evolución de la enfermedad de Alzheimer (Bringas et al., 2020). Para ello se ha abordado la identificación de patrones de movilidad en pacientes con la enfermedad de Alzheimer usando los acelerómetros de los *Smartphone*. A través de los mismos se recogieron muestras de actividades diarias rutinarias (ninguna en específico) de pacientes diagnosticados con la enfermedad en distintas fases, teniendo una distribución de 7, 18 y 10 pacientes en las fases inicial, media y avanzada respectivamente.

Se propuso un sistema que, mediante una red neuronal, relaciona el estadio de la patología con estos patrones de movilidad, alcanzando una gran tasa de éxito con redes neuronales convolucionales de una dimensión. Sobre esta línea se ha seguido trabajando, haciendo una propuesta de sistema de aprendizaje continuo que, aprovechando el algoritmo A-GEM (Chaudhry et al., 2018), permite re-entrenar el sistema para mejorarlo progresivamente a medida que se obtienen datos, utilizando una pequeña cantidad de memoria para almacenar el modelo.

2.4 Sistemas de ayuda en entornos colaborativos

Esta línea de investigación tiene como objetivo desarrollar sistemas de apoyo a las decisiones para los usuarios de sistemas colaborativos. Lo que se pretende es ayudar a usuarios organizados en grupos a decidir qué acciones llevar a cabo en tiempo real para la consecución de una serie de tareas. En concreto, se tiene un especial interés en la aplicación de este sistema en el ámbito educativo donde, por ejemplo, grupos de alumnos que se enfrenten a la realización conjunta de tareas de programación se beneficien de las recomendaciones del sistema (si en los siguientes minutos deben dialogar entre ellos; si, por el contrario, deben enfocarse en refactorizar parte del código desarrollado; etc.).

Nuestros esfuerzos van encaminados al desarrollo integral de un sistema interpretable, cuyo requisito fundamental es que no solo indique a sus usuarios qué acciones llevar a cabo a continuación sino ofrecerles una explicación sucinta del porqué. Para ello, combinamos el uso de técnicas de inteligencia artificial explicable junto con modelos de aprendizaje automático probabilístico y de representación del conocimiento, en un intento de unificar enfoques y de proporcionar tanto a los usuarios del sistema como a los investigadores oportunidades de mejora continua de la solución.

La validación externa del sistema (la prueba de este con usuarios no vistos en la etapa de desarrollo), así como la experimentación con esquemas de aprendizaje continuo que lo mantengan en constante actualización (lo que conlleva pruebas que aseguren que también la mejora de las recomendaciones es continua), son dos de los retos a largo plazo de esta línea de

¹ <https://www.idival.org/>

investigación. Existe actualmente un trabajo preliminar en esta línea de investigación (Duque et al., 2015) en colaboración con

el grupo de investigación CHICO² de la Universidad de Castilla-La Mancha.

Referencias

- Bringas, S., Salomón, S., Duque, R., Lage, C. & Montaña, J. L. (2020, septiembre). Alzheimer's Disease stage identification using deep learning models. *Journal of Biomedical Informatics*, 109, 103514. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2020.103514>
- Chaudhry, A., Ranzato, M. A., Rohrbach, M., & Elhoseiny, M. (2018). Efficient lifelong learning with a-gem. *arXiv preprint arXiv:1812.00420*
- Duque, R., Gómez-Pérez, D., Nieto-Reyes, A., Bravo, C. (2015). Analyzing collaboration and interaction in learning environments to form learner groups, 47, 42-49. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.07.012>
- Salomón, S., Duque, R., Montaña, J. L. & Tenés, L. (2019). Modeling Users Behavior in Groupware Applications. *Lecture Notes in Computer Science*, 11-21. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30949-7_2
- Salomón, S., Duque, R., Montaña, J. L. & Tenés, L. (2022, 5 febrero). Towards automatic evaluation of the Quality-in-Use in context-aware software systems. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. <https://doi.org/10.1007/s12652-021-03693-w>

² <https://blog.uclm.es/grupochoico/>