

# Proceedings of the XX International Conference on Human-Computer Interaction



## Actas del XX Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador

### INTERACCIÓN'2019

<https://interaccion2019.ehu.eus>

**2019, Donostia-San Sebastián, Spain**



**Editors/Editores:**  
Julio Abascal  
Myriam Arrue  
Néstor Garay-Vitoria  
María Dolores Lozano

**Proceedings of the XX International Conference on  
Human-Computer Interaction Interacción 2019**

**Editors: Julio Abascal, Myriam Arrue, Nestor Garay-Vitoria y  
María Dolores Lozano**

**ISBN: 978-84-09-12771-9**

**Edition: 1st**

**Printing: 1st**

**N. of pages: 202**

**Format: DIN-A4**

Legal Deposit: BI-1118-2019

Design: Julio Abascal, Myriam Arrue, Nestor Garay-Vitoria y  
María Dolores Lozano

Printing and binding: PRINTHAUS S.L.

**Actas del XX Congreso Internacional de Interacción  
Persona-Ordenador Interacción 2019**

**Editores: Julio Abascal, Myriam Arrue, Nestor Garay-Vitoria y  
María Dolores Lozano**

**ISBN: 978-84-09-12771-9**

**Edición: 1ª**

**Impresión: 1ª**

**Nº de páginas: 202**

**Formato: DIN-A4**

Depósito Legal: BI-1118-2019

Diseño: Julio Abascal, Myriam Arrue, Nestor Garay-Vitoria y  
María Dolores Lozano

Impresión y encuadernación: PRINTHAUS S.L.



Interacción 2019

2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain

# Foreword

The XX International Conference on Human Computer Interaction, *Interacción 2019*, is an international event promoted by AIPO, the *Asociación de Interacción Persona-Ordenador* (Association for Human-Computer Interaction) and CHISpa, the Spanish chapter of ACM SIGCHI (Special Interest Group on Computer-Human Interaction). Its main objective is to promote and disseminate the recent advances in the field of Human-Computer Interaction (HCI).

*Interacción 2019* provided a forum for researchers and practitioners involved with HCI in Spain and Latin-America, and in other parts of the world. It aimed to bring together people interested in any aspect of HCI, to share their experiences, exchange their ideas, learn from one another, and to promote collaboration in HCI research and development.

Several types of contributions were accepted in *Interacción 2019* in all relevant areas of HCI. Full papers, short papers, technical demonstrations and posters were presented at the conference in different thematic sessions. In addition to these contributions, two invited keynote presentations were delivered in the opening and closing sessions. The first one, titled “Smart rooms, cars, offices and phones”, was given by Nuria Oliver, Director of Research in Data Science at Vodafone and the final one, titled “Measuring Users Experiences: Retrospect and Prospect”, by Effie Law, full professor at the University of Leicester, UK.

Many people contributed to the success of the *Interaccion 2019* conference. We thank the members of the program committee for their work and dedication in the reviewing process. We are grateful to the authors for their contributions and the delegates for their participation. Finally, we would like to thank our sponsors and supporters: Eusko Jauriaritza – Gobierno Vasco, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Fundación ONCE, Asociación de Interacción Persona-Ordenador (AIPO), CHISpa, ACM ICPS Digital Library, and the research groups Egokituz and Adian.

Julio Abascal  
*Conference Chair*

Myriam Arrue  
Nestor Garay-Vitoria  
María Dolores Lozano  
*Program Committee Co-Chairs*



2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain

## Preámbulo

La XX edición del Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador, Interacción 2019, es un evento científico internacional promovido por AIPO (Asociación de Interacción Persona-Ordenador) y CHISpa, capítulo español de ACM SIGCHI (Special Interest Group on Computer-Human Interaction). El objetivo del congreso es promover y dar a conocer los avances en el campo de la Interacción Persona-Ordenador (IPO).

Interacción 2019 es un foro para investigadores y profesionales involucrados en la IPO en España y Latinoamérica, y en otras partes del mundo. Su objetivo es reunir a personas interesadas en cualquier aspecto de la IPO, para permitirles compartir sus experiencias, intercambiar ideas, aprender unos de otros y promover la colaboración en la investigación y el desarrollo de la IPO.

En esta edición del congreso se han aceptado diversos tipos de contribuciones de todas las áreas relevantes en IPO. En varias sesiones de diferente temática se han presentado artículos largos, artículos cortos, demostraciones y pósteres. Además de estas contribuciones se ha podido asistir a dos ponencias invitadas de investigadoras reconocidas internacionalmente. En la sesión de apertura hemos podido disfrutar de la ponencia “Smart rooms, cars, offices and phones” a cargo de Nuria Oliver, Directora de Investigación en Ciencia de Datos en Vodafone y en la sesión de clausura de la ponencia “Measuring Users Experiences: Retrospect and Prospect” a cargo de Effie Law, Catedrática de la Universidad de Leicester.

Muchas personas han contribuido al éxito de esta edición del congreso. Nos gustaría agradecer a los miembros del comité de programa por su trabajo y dedicación durante el proceso de revisión. También agradecemos a los autores sus contribuciones y a los delegados su participación. Finalmente, agradecemos a los patrocinadores del congreso y a los colaboradores: Eusko Jaurlaritza – Gobierno Vasco, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Fundación ONCE, Asociación de Interacción Persona-Ordenador (AIPO), CHISpa, ACM ICPS Digital Library, y los grupos de investigación Egokituz y Adian.

Julio Abascal  
*Presidente del Congreso*

Myriam Arrue  
Néstor Garay-Vitoria  
María Dolores Lozano  
*Copresidentes del Programa Técnico*



Interacción 2019

2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain

## Contributions Acceptance Rate

A total number of 121 contributions were submitted to the different tracks of the XX International Conference on Human Computer Interaction, *Interacción 2019*. The total number of accepted contributions was 90 (74.4%). The following table contains detailed information about the contributions received and accepted in each track.

Track	Submitted	Accepted
Full Papers	41	30
Short Papers	34	21
Posters	15	11
Demonstrations and installations	6	6
HCI Research Group Presentations	10	10
Advances and Challenges HCI in the Digitalized Industry	3	2
Workshop Engendering Technologies 2019	8	8
Relevant Articles Already Published	2	1
Doctoral colloquium	2	1

## Índice de Aceptación de Contribuciones

Se recibió un total de 121 contribuciones para su revisión en las diferentes secciones de la XX edición del Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador, *Interacción 2019*. El número total de contribuciones aceptadas fue de 90 (74.4%). La siguiente tabla muestra información detallada de los trabajos recibidos y aceptados en cada sección del congreso.

Sección	Enviados	Aceptados
Artículos Largos	41	30
Artículos Cortos	34	21
Pósteres	15	11
Demonstraciones e instalaciones	6	6
Presentación de Grupos de Investigación en IPO	10	10
Avances y Desafíos en IPO en la industria digitalizada	3	2
Workshop Engendering Technologies 2019	8	8
Artículos Relevantes ya Publicados	2	1
Coloquio Doctoral	2	1



## Jesús Lorés Award/Premio Jesús Lorés

The Jesús Lorés Award was established by AIPO (Association for Human-Computer Interaction) in recognition of the figure of Jesús Lorés, promoter and former president of the association, from 1999 until his unexpected death in November 2006. This prize is awarded annually to the best research work presented to each *Interacción* conference.

Premio Jesús Lorés es un galardón instaurado por AIPO (Asociación de Interacción Persona-Ordenador) en reconocimiento a la figura de Jesús Lorés, propulsor de la asociación y primer presidente de la misma, desde 1999 hasta su inesperado fallecimiento en noviembre del 2006. Este premio se concede anualmente al mejor trabajo de investigación presentado en cada congreso *Interacción*.



*The winners of the Jesús Lorés Award of the XX International Conference on Human Computer Interaction, Interacción 2019, will be announced during the conference.*

*Los ganadores del premio Jesús Lorés de la XX edición del Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador, Interacción 2019, se anunciarán durante el congreso.*

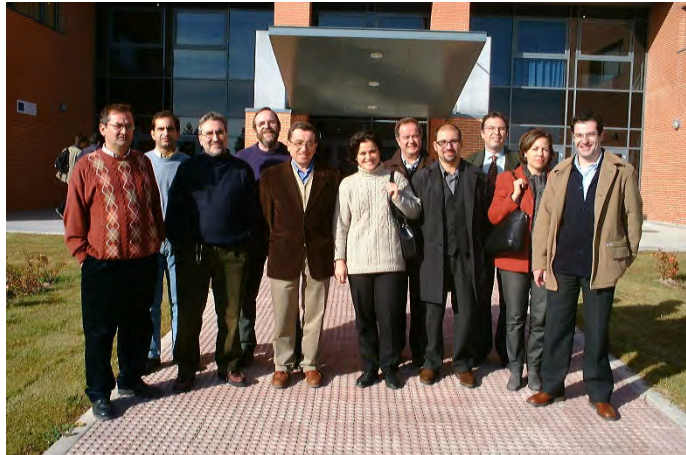


2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain

## AIPO's 20th anniversary celebration

Convened by Jesús Lorés, on November 23, 1999, a meeting was held at the Higher Polytechnic School of the Autonomous University of Madrid, where it was decided, among other things, to create AIPO.

In this photo appear those who were present at that meeting. From left to right: José J. Cañas (UGR), Miguel Ángel Redondo (UCLM), Julio Abascal (UPV/EHU), Manuel Velez (UGR), Jesús Lorés (UdL), Ana Belén Martínez (UNIOVI), Pedro Latorre (UNIZAR), Josep Ganyet (UOC / Proleg), Roberto Moriyón (UAM), Eugenia Santamaria (UOC), Alfonso Ureña López (UJAEN). They were also called to this meeting, but could not attend:



Juan Manuel Cueva (UNIOVI), Manuel Ortega (UCLM) and Manuel Perez (UVIGO).

Other people soon joined the initial team and participated in one way or another in the gestation of AIPO. It is difficult to make a complete list, but reviewing the messages of 1999 and 2000 appear, in alphabetical order: Ignacio Aedo (UC3M), Sandra Baldasarri (UNIZAR), Josep Casanovas (La Caixa), Pablo Castells (UAM), Francisco José Garcia (USAL), Miguel Gea (UGR), Ana B. Gil (USAL), Antonio Guevara (UMA), Josep Maria Junoy (La Caixa), Jose Mariano Gonzalez (US), and Pedro M. Valero (UV).

We can not forget the contribution of [Gerrit van der Veer](#), professor at the Vrije Universiteit Amsterdam (VU), who at the beginning served as a contact between the Spanish researchers at IPO with whom he had been collaborating. Gerrit has continued to support the activities of AIPO in these 20 years.

In Interaction 2019 we want to dedicate the session from 5:30 pm to 6:30 pm on June 27 to remember the beginnings of AIPO and celebrate its activity during these 20 years. Although AIPO is the merit of all of us, we will personalize this celebration in the aforementioned pioneers. This session will be held only in Spanish.



2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain

## Celebración del vigésimo aniversario de AIPO

Convocados por Jesús Lorés, el día 23 de noviembre de 1999 se celebró en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid una reunión en la que se decidió, entre otras cosas, crear AIPO.

En esta foto aparecen quienes estuvieron presentes en aquella reunión. De izquierda a derecha: José J. Cañas (UGR), Miguel Ángel Redondo (UCLM), Julio Abascal (UPV/EHU), Manuel Velez (UGR), Jesús Lorés (UdL), Ana Belén Martínez (UNIOVI), Pedro Latorre (UNIZAR), Josep Ganyet (UOC/Proleg), Roberto Moriyón (UAM), Eugenia



Santamaria (UOC), Alfonso Ureña López (UJ). También estaban convocados a esta reunión, pero no pudieron asistir: Juan Manuel Cueva (UNIOVI), Manuel Ortega (UCLM) y Manuel Perez (UVIGO).

Enseguida se incorporaron otras personas que, aunque no estuvieron en esta reunión, participaron de un modo u otro en la gestación de AIPO. Es difícil hacer una lista completa, pero revisando los mensajes de 1999 y de 2000 aparecen, por orden alfabético: Ignacio Aedo (UC3M), Sandra Baldasarri (UNIZAR), Josep Casanovas (La Caixa), Pablo Castells (UAM), Francisco José García (USAL), Miguel Gea (UGR), Ana B. Gil (USAL), Antonio Guevara (UMA), Josep Maria Junoy (La Caixa), José Mariano González (US), y Pedro M. Valero (UV).

No podemos olvidar la aportación de [Gerrit van der Veer](#), profesor de la Vrije Universiteit Amsterdam (VU), que en aquellos comienzos sirvió de contacto entre los investigadores españoles en IPO con los que venía colaborando. Gerrit ha seguido apoyando las actividades de AIPO en estos 20 años.

En Interacción 2019 queremos dedicar la sesión de 17:30 a 18:30 del día 27 de junio a recordar los comienzos de AIPO y celebrar su actividad durante estos 20 años. Aunque AIPO es mérito de todas y todos, personalizaremos esta celebración en las/los pioneras/os mencionadas/os anteriormente.





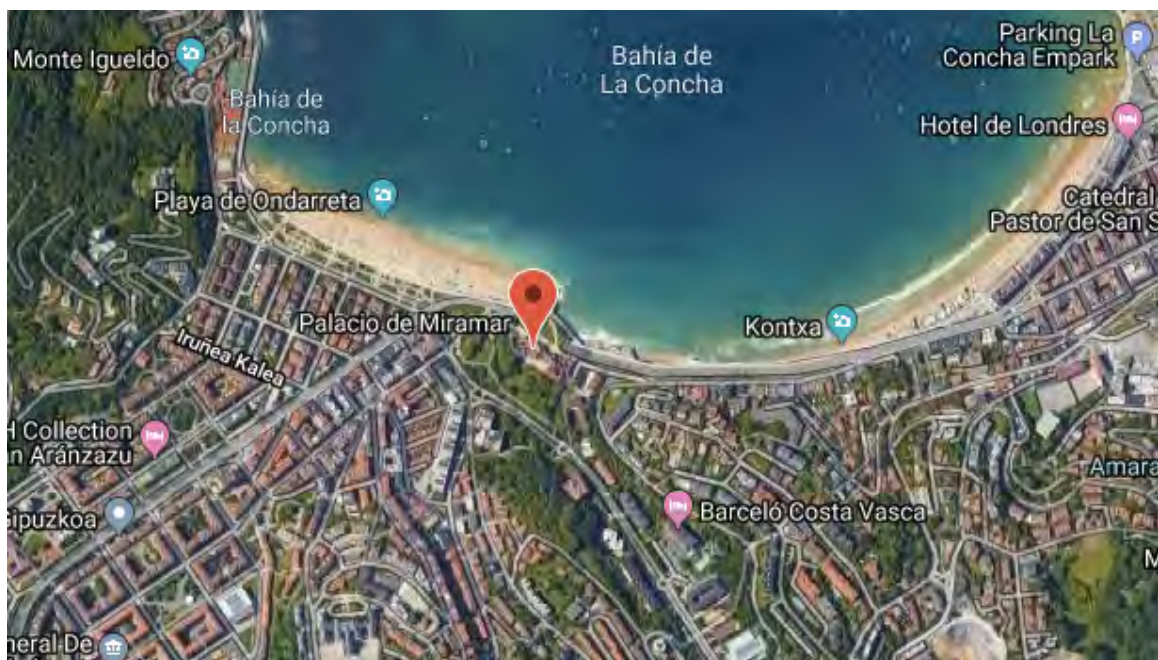
## Practical Information/Información Práctica

The 20th International Conference on Human Computer Interaction, *Interacción 2019* was held at Miramar Palace of Donostia-San Sebastián.

La 20ª edición del Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador, *Interacción 2019* se celebró en el Palacio Miramar de Donostia-San Sebastián.

Paseo de Miraconcha, 48  
20007 Donostia-San Sebastián  
+34 943 21 90 22  
<http://palaciomiramar.eus/>

**Wifi Access/Acceso Wifi**  
*EDUROAM*  
*EHU-wGuest*  
<https://www.ehu.eus/wguest/>  
*User: udaikastaroak*  
*Password: cursosverano*



2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain

# Venue Plan/Plano de la Sede



Interacción 2019

2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain

# Jornada de Interacción Persona-Ordenador en la Empresa

La Jornada de IPO en la empresa pretende ser un punto de encuentro entre los profesionales de la Interacción Persona-Ordenador, tanto los que desarrollan su trabajo en la empresa como los que lo hacen en la academia. Compartiendo y discutiendo sus experiencias, los asistentes contribuirán a la mejora de la calidad de la enseñanza y a la actualización de la aplicación de la Interacción Persona-Ordenador. La jornada cuenta con las siguientes actividades matinales:

- Panel de discusión libre titulado "¿Hay una IPO académica y otra industrial?", coordinado por Maitane Mazmela (UM), y con la participación de Ganix Lasa (UM), Josep M. Junoy (La Caixa), Carina González (ULL)
- Mesa redonda sobre "Qué papel juega la IPO en la empresa", Coordinada por Enrique Rodal, con la participación de Jon Kepa Gerrikagoitia (IK4 IDEKO), Miquel Zorraquino (Zorraquino), y Josep Blanco (Interactius).
- Conferencia invitada a cargo de Oscar Pastor, Director del Centro Inv. en Métodos de Producción de Software (ProS) de la Universidad Politécnica de Valencia, tratará el tema "Últimas tendencias de la IPO en la empresa".

Por la tarde, los asistentes a la jornada de IPO en la Empresa podrán elegir una entre estas actividades para el horario de 15:00 a 18:30:

- Workshop CHIjote'19
- Curso/Tutorial 1: "Design Thinking aplicado a la User Experience". Impartido por Anna Ripoll, INTUITIVÀ
- Curso/Tutorial 2: "El papel del diseño en la era de la Inteligencia Artificial y Machine Learning". Impartido por Michael Thompson



# Workshop CHIJOTE'19: III Jornada de Trabajo sobre Enseñanza de CHI

CHIJOTE'19 es un evento promovido por AIPO que forma parte de las acciones de la red **HCI-collab**. La organización correrá a cargo de **Toni Granollers, Juan Enrique Garrido y Rosa M<sup>a</sup>. Gil** del grupo GRIHO de la Universitat de Lleida (UdL).

## Objetivos

El workshop está contextualizado en la comunidad de habla hispana y su objetivo principal es permitir una interacción directa entre profesionales del ámbito HCI en la industria y docentes universitarios. La visión y experiencia de los profesionales permitirá conocer las carencias de los recién graduados definiendo claramente cuáles son las necesidades sobre las que trabajar para solucionar este problema. Además, junto a esta experiencia, el contenido del material recibido como resultado de CHIJOTE'18, ofrece una fuente importante en la que fundamentar los conocimientos que deben ser reforzados.

1. plantear retos específicos a docentes universitarios a los que deberán dar como respuesta el modo en el que enseñarán al alumnado a afrontarlo aplicando sus metodologías, experiencias y materiales
2. generar debate entre docentes y profesionales de la industria que permita analizar las soluciones a los retos planteados, obteniendo posibles mejoras en los materiales y metodologías existentes utilizadas actualmente por los docentes participantes
3. establecer un canal de comunicación entre profesionales y académicos en el futuro de la IPO



# Tutorial 1: Design Thinking aplicado a la User Experience

El *Design Thinking* es una metodología clave para crear un producto/servicio que cumpla estas tres características (deseable, técnicamente viable, estratégicamente alineado) ya que nos permite innovar poniendo el foco en las personas que utilizarán el producto, empatizando con ellas para buscar ideas/soluciones, prototiparlas y testearlas antes de lanzarlas al mercado.

**Instructora:** **Anna Ripoll**, fundó INTUITIVÄ en 2007, un estudio especializado en *customer experience* y *service design*. Utilizan el *design thinking* para resolver retos y buscar soluciones, basándose en las personas. Combina su labor profesional con el mundo académico, en el que dirige el Máster en *Design Thinking* y *Customer Experience* de EAE (Barcelona-Madrid) y es profesora en diferentes universidades y escuelas de diseño: Universitat Oberta de Catalunya, IED, IDEP, etc.



**Objetivo:** Conocer los fundamentos del *Design Thinking* y las ventajas de aplicar *el Design Thinking* en los procesos de innovación de una empresa. Se tratarán conceptos como: técnicas de investigación cualitativa, tipos de entretales, técnicas de ideación, prototipado de alto/ bajo nivel, métodos de evaluación, etc.

**Metodología:** Introducción al *design thinking* (conceptos clave, orígenes, casos reales) y experimentación con las diferentes fases de la metodología (Empatizar, Definir, Idear, Prototipar y Testear) para que al final de la sesión, los asistentes hayan entendido la metodología a través de *learning by doing*.

**Audiencia objetivo:** Es un tutorial introductorio al *Design Thinking* por lo que está pensado para cualquier profesional de la *user experience* que quiera conocer qué es el *Design Thinking* y aprender cómo aplicarlo a su trabajo.

## Tutorial 2: Diseño computacional: el papel del diseño en la era de la inteligencia artificial y machine learning

Presentaremos los fundamentos y propuestas de diseño sobre casos concretos de tecnologías aplicadas, tales como: asistentes virtuales, *chatbots*, fotografías mejoradas, recomendaciones, sugerencias en la generación de contenido, etc. Como diseñadores, debemos entender los fundamentos y posibilidades de estas tecnologías para incluirlas en las soluciones y gestionar la experiencia de usuario ante resultados e interacciones que pueden no ser evidentes

**Instructor: Michael Thompson** lleva más de 20 años trabajando en el diseño de nuevos productos y servicios. Ha gestionado carteras de productos con ingresos anuales de más de 220 millones de euros y ha contribuido a varias patentes para las principales empresas de tecnología, como Apple y SAP. También formó parte del jurado del programa de innovación interna de Telefónica y ha trabajado en varias empresas *startup*. Ha llevado a cabo capacitación corporativa sobre metodologías de desarrollo Lean y Agile, gestión de productos e investigación de clientes. También ha co-diseñado, y actualmente está enseñando en, múltiples programas universitarios relacionados con Experiencia de usuario, Experiencia de cliente, Negocios e Innovación.



**Metodología de trabajo:** Contextualización y presentación de los fundamentos. Presentaciones de casos. Trabajo en equipo sobre soluciones. Compartición y análisis de resultados

**Audiencia objetivo:** Diseñadores de productos y servicios digitales, *product managers*.

# Conference Organization/Organización del Congreso

## Conference Chair/Presidente del Congreso

Julio Abascal (U. del País Vasco/Euskal Herriko U.)

## Technical Program Co-chairs/Copresidencia del Programa Técnico

María Dolores Lozano (U. de Castilla-La Mancha)

Nestor Garay-Vitoria (U. del País Vasco/Euskal Herriko U.)

Myriam Arrue (U. del País Vasco/Euskal Herriko U.)

## Workshops, Tutorials and Doctoral Colloquium/ Workshops, Tutoriales y Coloquio Doctoral

Lourdes Moreno (U. Carlos III de Madrid)

Victor M. L. Jaquero (U. Castilla-La Mancha)

## Industry Liaison/Enlace Industrial

Maitane Mazmela (Mondragon U.)

Josep M. Blanco (Happy User Experiences S. L.)

## Invited Speakers/Conferenciantes Invitados

Cristina Manresa (U. de les Illes Balears)

Victor M. R. Penichet (U. Castilla-La Mancha)

## Liaison with Related Areas/Enlace con Areas Relacionadas

Inmaculada Fajardo (U. de València)

Pedro Ponsa (U. Politècnica de Catalunya Barcelona Tech)

## Support and Funding/Soporte y Ayudas

Carina Gonzalez (U. de La Laguna)

Francisco José García-Peñalvo (U. Salamanca)

## Organizing Committee/Comité de Organización

Julio Abascal (U. del País Vasco/Euskal Herriko U.)

Nestor Garay-Vitoria (U. del País Vasco/Euskal Herriko U.)

Myriam Arrue (U. del País Vasco/Euskal Herriko U.)

Olatz Arbelaitz (U. del País Vasco/Euskal Herriko U.)

Javier Muguerza (U. del País Vasco/Euskal Herriko U.)

Maite Urretavizcaya (U. del País Vasco/Euskal Herriko U.)



Interacción 2019

2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain

## Program Committee/Comité de Programa

Julio Abascal (Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea, Spain)  
José Abdelnour-Nocera (University of West London, UK)  
Silvana Aciar (Universidad Nacional de San Juan, Argentina)  
Silvia T. Acuña (Universidad Autónoma de Madrid, Spain)  
Félix Albertos Marco (Universitat de Lleida, Spain)  
Francisco Alvarez (Universidad Autónoma de Aguascalientes, Mexico)  
Oscar Ardaiz (Universidad Pública de Navarra, Spain)  
Myriam Arrue (Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea, Spain)  
Luis Azevedo (ANDITEC, Portugal)  
Sandra Baldassarri (Universidad de Zaragoza, Spain)  
James Berrett (Swinburne University of Technology, Australia)  
Marta Rosecler Bez (Universidad de Rio Grande do Sul, Brazil)  
Marcos R.S. Borges (Federal University of Rio de Janeiro, Brazil)  
Federico Botella (Universidad Miguel Hernández, Spain)  
Thibault Carron (LIP6, Université Paris 6)  
Eva Cerezo (Universidad de Zaragoza, Spain)  
Anton Civit (Universidad de Sevilla, Spain)  
Cesar A. Collazos (Universidad del Cauca, Colombia)  
José Creissac Campos (University of Minho, Portugal)  
Antonio Díaz-Estrella (Malaga University, Spain)  
Elena de La Guía (University of Castilla-La Mancha, Spain)  
Manuel Jesús Domínguez Morales (Universidad de Sevilla, Spain)  
Carlos Duarte (Universidade de Lisboa, Portugal)  
Pedro Encarnação (Católica Lisbon School of Business & Economics, Portugal)  
Paula Escudeiro (Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal)  
Ramon Fabregat (Universitat de Girona, Spain)  
Inmaculada Fajardo (Universidad de Valencia, Spain)  
Alejandro Fernández (Universidad Nacional de La Plata, Argentina)  
Eduardo Fernández (Universidad de la República, INCO, Uruguay)  
Xavier Ferré (Universidad Politécnica de Madrid, Spain)  
Jesús Gallardo Casero (Universidad de Zaragoza, Spain)  
Nestor Garay-Vitoria (UPV-EHU, Spain)  
Roberto García (Universitat de Lleida, Spain)  
Francisco José García Peñalvo (Universidad de Salamanca, Spain)  
Juan Enrique Garrido Navarro (Universitat de Lleida, Spain)  
Rosa Gil-Iranzo (Universitat de Lleida, Spain)  
Juan Manuel González Calleros (Benemérita Univ. Autónoma de Puebla, Mexico)  
Pascual Gonzalez (Universidad Castilla-La Mancha, Spain)  
Victor M. Gonzalez (Instituto Tecnológico Autónomo de México ITAM, Mexico)  
María Paula Gonzalez (CONICET, Argentina)  
Mariano González (Universidad de Sevilla, Spain)  
Carina González (Universidad de la Laguna, Spain)  
Toni Granollers (Universitat de Lleida, Spain)  
Daniel Guasch (Universitat Politècnica de Catalunya, Spain)  
Josefina Guerrero Garcia (Universidad Autónoma de Puebla, México)





Francisco Luis Gutiérrez Vela (Universidad de Granada, Spain)  
Pablo Alfonso Haya (Universidad Autónoma de Madrid, Spain)  
Javier Jaen (Universitat Politècnica de València, Spain)  
Angel Jimenez-Fernandez (Universidad de Sevilla, Spain)  
Gabriel Jimenez-Moreno (Universidad de Sevilla, Spain)  
Martín Llamas-Nistal (Universidad de Vigo, Spain)  
Juan Miguel López (UPV-EHU, Spain)  
Víctor López-Jaquero (Universidad de Castilla-La Mancha, Spain)  
Begoña Losada (UPV-EHU, Spain)  
Maria Dolores Lozano (Universidad de Castilla-La Mancha, Spain)  
Habib M. Fardoun (King Abdulaziz University, Saudi Arabia)  
José Antonio Macías Iglesias (Universidad Autónoma de Madrid, Spain)  
Cristina Manresa-Yee (Universitat de les Illes Balears, Spain)  
Estefania Martin (Universidad Rey Juan Carlos, Spain)  
Paloma Martínez Fernández (Universidad Carlos III, Spain)  
Asier Marzo (Universidad Pública de Navarra, Spain)  
Ramon Mas-Sansó (Universitat de les Illes Balears, Spain)  
Maitane Mazmela Etxabe (Mondragon Unibertsitatea, Spain)  
António Mendes (University of Coimbra, Portugal)  
José Pascual Molina Massó (Universidad de Castilla-La Mancha, Spain)  
Francisco Montero (Universidad de Castilla-La Mancha, Spain)  
Enric Mor (Universitat Oberta de Catalunya)  
Alberto Mora Carreño (Universitat Oberta de Catalunya, Spain)  
Alberto L. Morán (Universidad Autónoma de Baja California, Mexico)  
Lourdes Moreno (Universidad Carlos III, Spain)  
Jaime Muñoz-Arteaga (Universidad Autónoma de Aguascalientes, Mexico)  
Marta Oliva (Universitat de Lleida, Spain)  
Manuel Ortega Cantero (Universidad de Castilla-La Mancha, Spain)  
Patricia Paderewski (Universidad de Granada, Spain)  
Philippe Palanque (University Toulouse, France)  
Jose Ignacio Panach Navarrete (Universidad de Valencia, Spain)  
Oscar Pastor Lopez (Universitat Politècnica de València, Spain)  
Francisco Jose Perales (Universitat de les Illes Balears, Spain)  
Pere Ponsa (Universitat Politècnica de Catalunya, Spain)  
José Antonio Pow-Sang (Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú)  
Angel Puerta (Redwhale Software, USA)  
Victor M. R. Penichet (Universidad de Castilla-La Mancha, Spain)  
Miguel Redondo (Universidad de Castilla-La Mancha, Spain)  
Arcadio Reyes-Lecuona (Universidad de Malaga, Spain)  
Mireia Ribera (Universitat de Barcelona, Spain)  
Javier Roca (Universidad de Valencia, Spain)  
Inmaculada Rodríguez (Universitat de Barcelona, Spain)  
Gustavo Rossi (Universidad Nacional de la Plata, Argentina)  
Cristian Rusu (Pontificia Universidad Católica de Valparaiso, Chile)  
Ladislao Salmeron (Universidad de Valencia, Spain)  
José Luis Sánchez de la Rosa (Universidad de La Laguna, Spain)  
Cecilia Sanz (Universidad Nacional de la Plata, Argentina)



Cecilia Sik-Lanyi (University of Pannonia, Hungaria)  
Hugo Silva (Instituto de Telecomunicações, Portugal)  
Christian Sturm (Hamm-Lippstadt University of Applied Sciences, Germany)  
Marina Martha Talavera Flores (Hewlett-Packard, Spain)  
Roberto Theron (Universidad de Salamanca, Spain)  
Jesús Torres (Universidad de La Laguna, Spain)  
Jaime Urquiza-Fuentes (Universidad Rey Juan Carlos, Spain)  
Carlos Vaz de Carvalho (Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal)  
Ángel Velázquez-Iturbide (Universidad Rey Juan Carlos, Spain)  
Pablo Vera (National University of La Matanza, Argentina)  
Markel Vigo (University of Manchester, UK)  
Ramon Vilanova (Universitat Autònoma de Barcelona)  
Marco Winckler (University Paul Sabatier, France)  
Sergio Zepeda (UAM-C)



2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain

## Program/Programa



Interacción 2019

2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain



Interacción 2019

2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain

# INTERACCIÓN 2019 Conference Program - 26 June 2019 (Morning)

7:30 - 8:45	Swimming in the sea / Jogging / Tai Chi (Shower and breakfast)	
8:30 - 9:00	Registration	
9:00 - 9:45	<b>Conference Open Ceremony (Spanish-English)</b> Room: Plenary room (Salón de Música)	
9:45 - 11:00	<b>Keynote speech: "Smart rooms, cars, offices and phones" by Nuria Oliver</b> Room: Plenary room (Salón de Música)	
11:00 - 11:30	Coffee Break (Salón Petit)	
11:30 - 12:30	Session 1A: Information Visualization I (SPANISH) Room: Room 1 (Salón de Madera)	Session 1B: HCI and Education I (ENGLISH) Room: Room 2 (Salón Blanco)
	(L) Gráficos estadísticos accesibles para personas con baja visión y visión cromática deficiente. <i>R. Alcaraz, M. Ribera, T. Granollers.</i>	(L) EmoTEA: Teaching Children with Autism Spectrum Disorder to Identify and Express Emotions. <i>J. M. García, M. Cabañero, V. Penichet, M. D. Lozano</i>
	(L) Propuesta y evolución multidimensional de una metáfora visual para facilitar el aprendizaje de la programación. <i>S. Sanchez, M. Á. García, C. Gómez, C. González, D. Vallejo, J. Alonso, M. A. Redondo</i>	(S) The INTELed pedagogical framework: Applying embodied digital apps to support special education children in inclusive educational contexts. <i>A. Martínez, S. Villagrà, Y. Georgiou, M. Jiménez, A. Ioannou</i>
	(L) Visualización de rayos cósmicos mediante técnicas 3D y de realidad aumentada. <i>D. Ferro, J. Flores, J. Garzón</i>	(S) BlueThinking, a programming tool for the development of executive functions at childhood. <i>I. Lozano, D. Roldán, A. Bacelo, E. Martín</i>
	Session 2A: HCI and Healthcare I (SPANISH) Room: Room 1 (Salón de Madera)	Session 2B: Information Visualization II (ENGLISH) Room: Room 2 (Salón Blanco)
12:30 - 13:30	(L) Reconocimiento automático de ejercicios realizados por supervivientes de ictus para mejorar la rehabilitación remota. <i>S. Sanchez, D. Monekosso, D. Vallejo, C. González, J. J. Castro, M. Redondo</i>	(L) Tailored information dashboards: A systematic mapping of the literature. <i>A. Vázquez, F. J. García, R. Theron</i>
	(S) Una herramienta de rehabilitación para los miembros superiores con gamificación y realidad aumentada: propuesta y validación inicial. <i>G. Fuertes, J. Gallardo</i>	(L) Comparative analysis of preprocessing tasks over social media texts in Spanish. <i>J. P. Tessore, L. Esnaola, C. Russo, S. Baldassarri</i>
13:30 - 15:00	LUNCH "Restaurante Tenis"	

**Workshop on Engendering Technologies (ENGLISH)**

Paper presentations

# INTERACCIÓN 2019 Conference Program - 26 June 2019 (Afternoon)

	<b>Posters &amp; Demos Presentations (ENGLISH)</b>	<b>Room: Plenary Room (Salón de Música)</b>
	<b>Room: Room 2 (Salón Blanco)</b>	
	(P) The Effects of Consumers' Information Security Behavior and Information Privacy Concerns on Usage of IoT Technologies. <i>S. Lee, N. E. Park, J. Suk</i>	
	(P) Customer's perceptions of human features in frontline robots, consequences for service value and loyalty. <i>D. Belanche, L. V. Casalo, C. Flavián</i>	<b>Workshop on Engendering Technologies (ENGLISH)</b>
	(P) How Should "AI Speakers" Touch Consumer Hearts? <i>H. Lim, H. Hwang, K. O. Kim, Y. J. Yang</i>	Invited Speaker: Sara Alvarellos
	(P) Daily life with "Clova" Smart Speaker. <i>X. Li, H. Lim, H. Hwang</i>	
	(P) Korean consumers' cognitive, affective, and behavioral responses regarding smart watches based on Social Network Analysis. <i>Y. L. Lee, M. Jung, I. H. Park, A. Kim, J.E. Chung</i>	
	(D) Tangible Interactions with Acoustically Levitated Voxels. <i>A. Marzo, O. Ardaiz, S. Kockaya, J. Williamson, E. Freeman</i>	
	(D) Efficient DMA transfers management on embedded Linux PSoC for Deep-Learning gestures recognition. <i>A. Rios, R. Tapiador, G. Jimenez, A. Linares</i>	
15:00 - 17:00	(D) ModeRate: A Tablet Game to Measure the Performance of Moded Interaction Techniques. <i>K. Kennedy, H. Lee.</i>	<b>Workshop on Engendering Technologies (SPANISH)</b>
	(D) Therapeutic Exercise Based on Videogames to Improve Neck Pain. <i>A. Arenas, J. Varona, M. F. Roig, K. San-Sebastián, I. Salinas, C. Manresa</i>	Paper presentations
	(D) A Mood modulation using virtual reality and binaural sounds (Show Room). <i>F. J. Perales, M. Sánchez, S. Ramis.</i>	
	<b>Posters &amp; Demos Presentations (SPANISH)</b>	
	<b>Room: Room 2 (Salón Blanco)</b>	
	(P+D) Tecnologías y Objetos Tangibles para Interacción en entornos de Realidad Virtual Inmersiva. <i>O. Ardaiz, A. Marzo, U. Dominguez, R. Baztan, J. Ezcurdia.</i>	
	(P) MyoArm: Control remoto de brazo robótico con EMG. <i>A. Pérez, M. Domínguez, Á. Jiménez, A. Linares</i>	
	(P) GAMEXO: Exoesqueleto para ayuda de pacientes con movilidad reducida mediante técnicas de gamificación. <i>J. M. Domínguez, M. Domínguez, L. Miró, A. Civit</i>	
	(P) Control remoto de vehículo mediante gestos. <i>J. Checa, M. Domínguez, A. Rios, J. P. Domínguez, F. Gómez</i>	
	(P) Control de ratón mediante movimiento de iris. <i>A. Romero, M. Domínguez, M. Rivas, Á. Jiménez</i>	
	(P) Manipulación de objetos con interfaces naturales de usuario. <i>M. Viladegut, J. E. Garrido, T. Granollers, O. Lopez</i>	
17:00 - 17:30	<b>Coffee Break (Salón Petit)</b>	
17:30 - 18:30	<b>AIPO's General Assembly (SPANISH)</b> Room: Plenary room (Salón de Música)	
18:30 - 19:00		
19:00 - 20:00	<b>Visit: Aquarium or St. Telmo Museum</b>	

# INTERACCIÓN 2019 Conference Program - 27 June 2019 (Morning)

7:30 - 8:45	Swimming in the sea / Jogging / Tai Chi (Shower and breakfast)		
8:30 - 9:00	Registration		
9:00 - 10:00	<p><b>Session 3A: Accessibility I (SPANISH)</b> Room: Room 1 (Salón de Madera)</p> <p>(L) Del Diseño Centrado en el Usuario al Diseño para la Vida. <i>M. Gea, J. J. Cañas, A. Carrillo</i></p> <p>(S) Arquitectura para el desarrollo de interfaces de correo electrónico para invidentes. <i>D. Doyáquez, J. Gomez, G. Montoro, J. C. Torrado</i></p> <p>(S) Análisis de la ejecución de tareas en una interfaz de visualización de datos y su implicación en el desempeño individual. <i>M. Mazmela, G. Lasa, A. Agirre</i></p>	<p><b>Session 3B: Development and Design Methods I (ENGLISH)</b> Room: Plenary room</p> <p>(L) Product Design and Development Methodologies vs. Multimedia Systems Development Methodologies: an approximation from the foundations of their disciplines. <i>C. A. Pelaez, A. Solano, T. Granollers, P. A. Castillo</i></p> <p>(S) Improving Agile Software Development Methods by means of User Objectives: An End User Guided Acceptance Test-Driven Development Proposal. <i>B. Losada, J. M. López, M. Urrutavizcaya</i></p> <p>(S) Towards automatic web navigation based on client-side interaction data. <i>I. Perona, A. Yera, O. Arbelaitz, J. Muguerza, J. E. Pérez, X. Valencia</i></p>	<p><b>Session 3C: Games and Gamification (ENGLISH)</b> Room: Room 2 (Salón Blanco)</p> <p>(L) The quest for a better tailoring of gameful design: An analysis of player type preferences. <i>A. Mora, G. F. Tondello, L. Calvet, C. González, J. Arnedo, L. E. Nacke</i></p> <p>(L) Persuasive games in Interactive Spaces: The Hidden Treasure Game. <i>C. Bonillo, T. Romão, E. Cerezo</i></p> <p>(L) Teaching principles of programming without ICT: Sharing experiences on the design of a board game. <i>M. A. Espinosa, R. E. Sarmiento, N. A. Uribe, A. O. Ortiz, P. E. Casanova</i></p>
10:00 - 11:00	<p><b>Session 4A: Accessibility II (SPANISH)</b> Room: Room 1 (Salón de Madera)</p> <p>(L) Prototipos de diseño para mejorar la interacción en videojuegos de personas con ceguera del color. <i>J. Molina, N. Medina</i></p> <p>(L) Análisis de Accesibilidad en Interfaces de Placas de Cocción. <i>A. Beitia, B. Alonso, A. Gonzalez, D. Justel</i></p>	<p><b>Session 4B: Behaviour recognition (ENGLISH)</b> Room: Plenary room</p> <p>(L) Statistical HOG on Multi-temporal Depth Motion Maps Approach for Human Action Recognition. <i>H. Ali, A. Youssif, H. Moftah</i></p> <p>(S) Exploring the Addition of Audio Input to Wearable Punch Recognition. <i>J. Quintero, K. Stawarz, A. Marzo</i></p> <p>(S) Bouncy Buttons: Turning Standard Buttons into Pressure-Sensitive Inputs. <i>A. Marzo</i></p>	<p><b>Session 4C: User Experience (ENGLISH)</b> Room: Room 2 (Salón Blanco)</p> <p>(S) User experience problems in immersive virtual environments. <i>J. L. Berenguel, F. L. Gutiérrez, P. Paderewski</i></p> <p>(S) Analysing the UX scope through its definitions. <i>P. Gómez, F. Montero, M. T. López</i></p> <p><b>Session 4D: Avances y desafíos en la IPO en la industria digitalizada (SPANISH)</b> Room: Room 2 (Salón Blanco)</p> <p>(S) Tecnologías de Interacción Persona-Ordenador en la docencia de la Industria 4.0: Un caso de estudio. <i>A. Blesa, J. Gallardo, C. Catalán</i></p> <p>(S) HEMEI: nueva herramienta de evaluación de la experiencia de usuario para las interfaces humano-máquina. <i>E. Aranburu, G. Lasa, J. K. Gerrikagoitia</i></p>
11:00 - 11:30	<b>Coffee Break (Salón Petit)</b>		
11:30 - 12:30	<p><b>Session 5A: Development and Design Methods II (SPANISH)</b> Room: Room 1 (Salón de Madera)</p> <p>(L) Generación automática de interfaces de usuario para sistemas CSCL: una propuesta de Desarrollo Dirigida por Modelos con tecnología Eclipse. <i>Y. Arroyo, A. I. Molina, M. Á. Redondo, C. Lacave</i></p> <p>(L) UML2App: Avanzando en la generación automática de interfaces de usuario para dispositivos móviles. <i>V. López, P. Gonzalez, F. Montero, J. P. Molina</i></p>	<p><b>Session 5B: Multimodal Interaction I (ENGLISH)</b> Room: Plenary room</p> <p>(L) Smart Home: Multimodal interaction for control of home devices. <i>M. A. Contreras, J. A. Holgado, G. Pomboza, P. Paderewski, F. L. Gutierrez</i></p> <p>(L) Designing Visual Interfaces to Support Voice Input: The case of a TV Application to request help in daily life tasks. <i>R. Santos, J. Beja, M. Rodrigues, C. Martin</i></p>	<p><b>Session 5C: HCI and Healthcare II (ENGLISH)</b> Room: Room 2 (Salón Blanco)</p> <p>(L) A Wearable System for Path Finding to Assist Elderly People in an Indoor Environment. <i>M. R. Jahan, F. I. Aziz, M. B. I. Ema, A. B. Islam, M. N. Islam.</i></p> <p>(S) Neuromodulation system in closed loop for enhancing the sleep and the memory consolidation. <i>N. Garay, A. Arruti, J. I. Martín, J. Muguerza, A. Garzo, E. Hernández, A. Álvarez, J. Arambarri, P. M. Paz, M. Carreiras, A. Ramos</i></p>

12:30 - 13:30	<p><b>Session 6A: Virtual and Augmented Reality (ENGLISH)</b> Room: Room 1 (Salón de Madera)</p> <p><b>(L) Engaging Users with an AR Pervasive Game for Personal Urban Awareness.</b> <i>M. Sanchez, F. Fabiano, P. Diaz, I. Aedo</i></p> <p><b>(L) Do Low Cost Virtual Reality Devices Support Learning Acquisition?</b> <i>P. Diaz, T. Zarronandia, M. Sánchez, I. Aedo, T. Onorati</i></p>	<p><b>Session 6B: Multimodal Interaction II (ENGLISH)</b> Room: Plenary room</p> <p><b>(L) Analyzing the performance of ASR systems: The effects of noise, distance to the device, age and gender.</b> <i>A. Rodrigues, R. Santos, J. Abreu, P. Beça, P. Almeida, S. Fernandes</i></p> <p><b>(S) Modus Operandi: Implications of Lengthy Mode Switching Sequences in Multitouch Interaction.</b> <i>Katherine Fenney and Hyowon Lee</i></p> <p><b>(S) Influence of the Environmental Hostility Level in an HCI System.</b> <i>M. Perez, A. Salazar, M. L. Alvarez, R. Martinez, J. I. Martin, A. Arruti</i></p>	<p><b>Session 6C: Accessibility III (ENGLISH)</b> Room: Room 2 (Salón Blanco)</p> <p><b>(L) Expert-based Assessment of an Augmentative and Alternative Communication Tool.</b> <i>D. Guasch, I. Martin, J. A. Macías, L. Moreno, R. Hervás, S. Bautista</i></p> <p><b>(S) Accessibility-in-use of public e-services: an exploratory study including users with low vision.</b> <i>A. Sala, M. Arrue, X. Valencia, J. E. Pérez</i></p> <p><b>(S) Lexical simplification approach to support the accessibility guidelines.</b> <i>L. Moreno, R. Alarcón I. Segura, P. Martínez</i></p>
13:30 - 15:00	<b>LUNCH "Restaurante Tennis"</b>		
<b>INTERACCIÓN 2019 Conference Program - 27 June 2019 (Afternoon)</b>			
15:00 - 17:00	<p><b>Presentation of Research Groups (ENGLISH)</b></p> <p>Room: Room 2 (Salón Blanco)</p> <p>The Interactive Systems Research Group at UC3M: Pervasive, social and multimodal computing for, with and by users. <i>P. Díaz, I. Aedo</i></p> <p>Interactive Systems Engineering (ISE) Research Group. UCLM. <i>M. D. Lozano, J. A. Gallud, V. M. R. Penichet, R. Tesoriero, J. E. Garrido, E. de La Guía, F. A. Marco, H. M. Fardoun, G. Sebastian, J. M. García, C. Cuerda</i></p> <p><b>METODO Research Group (University of Zaragoza).</b> <i>C. Flavian, L. V. Casaló, D. Belanche</i></p> <p>UpnaLab: Future Interactive Devices and Creative Technologies. <i>O. Ardaiz, A. Marzo, L. M. Diaz, A. Pina</i></p>		
17:00 - 17:30	<p><b>Presentation of Research Groups (SPANISH)</b></p> <p>Room: Room 2 (Salón Blanco)</p> <p>Grupo Human Language and Accessibility Technologies (HULAT). <i>P. Martínez</i></p> <p>Laboratorio de interacción con el usuario e ingeniería del software. <i>P. González, A. Fernández, M. T. López, V. L. Jaquero, J. Pascual, F. Montero, R. Morales, E. Navarro, J. L. de la Vara</i></p> <p>3DI-DIANA. Interacción 3D y Realidad Virtual. <i>A. Reyes</i></p> <p>Grupo de Investigación IDIS. <i>C. Collazos, J. Hurtado, P. Mage, F. Pino</i></p> <p>Grupo de investigación en aprendizaje colaborativo soportado por computadora. <i>R. Costaguta, M. A. Menini</i></p> <p>Egokituz Laboratorio de Interacción Persona-Computador para Necesidades Especiales. <i>J. Abascal, M. Arrue, N. Garay, L. Gardeazabal</i></p>		
17:30 - 18:30	<p><b>Coffee Break (Salón Petit)</b></p>		
18:30 - 20:00	<p><b>AIPO's 20th Anniversary (SPANISH)</b> Room: Plenary room (Salón de Música)</p>		
20:00 - 23:00	<p><b>Conference Dinner at SAIZAR Cider House. Music: Beltran Trio</b></p>		



## INTERACCIÓN 2019 Conference Program - 28 June 2019 (Morning)

Swimming in the sea / Jogging / Tai Chi (Shower and breakfast)

### Registration

8:30 - 9:45		
9:30 - 10:00		
10:00 - 11:00	<p><b>Session 7A: Interaction and Communication (SPANISH)</b> Room: Room 1 (Salón de Madera)</p> <p><b>(L) Reconociendo Roles de Equipo en Interacciones Colaborativas.</b> <i>H. Figueroa, R. Costaguta, M. A. Menini</i></p>	<p><b>Session 7B: Human-Robot Interaction (ENGLISH)</b> Room: Plenary room</p> <p><b>(S) Social Robots for improving attention and user experience.</b> <i>S. Ramis, F. J. Perales, A. Guerrero</i></p> <p><b>(S) Can Morality Be Ascribed to Robots?</b> <i>S. Nagataki, H. Ohira, T. Kashiwabata, T. Konno, T. Hashimoto, T. Miura, M. Shibata, S. Kubota</i></p>
11:00 - 11:30	<p><b>Session 7C: HCI and Education II (ENGLISH)</b> Room: Room 2 (Salón Blanco)</p> <p><b>(L) Developing Handwriting Skills in Children with Dyspraxia: A Gestural User Interface-based approach.</b> <i>I. Frango Silveira, L. R. Marques</i></p> <p><b>(S) Learning through video blogs: The case of students with intellectual disabilities.</b> <i>I. Fajardo, L. Salmerón, V. Ávila, P. Delgado, N. Gómez, M. Gómez</i></p> <p><b>(S) Teaching the sequential programming concept using a robotic arm in an interactive museum.</b> <i>F. Botella, A. Peñalver, M. Quesada, F. Bermejo, F. Borrás</i></p>	<p><b>Session 7D: Relevant articles already published</b> Room: Plenary room</p> <p><b>Assessing the impact of the awareness level on a co-operative game.</b> <i>M. A. Teruel, N. Condori, E. Navarro, P. Gonzalez, P. Lago</i></p>
11:30 - 12:30	<b>Coffee Break (Salón Petit)</b>	
12:30 - 13:30	<p><b>Session 8A: Natural User Interfaces (SPANISH)</b> Room: Room 1 (Salón de Madera)</p> <p><b>(L) Análisis de experiencias con objetos activos en actividades educativas basadas en interacción tangible.</b> <i>M. Cruz, C. Sanz, V. Artola, S. Baldassarri</i></p>	<p><b>Session 8B: Quality in use (ENGLISH)</b> Room: Plenary room</p> <p><b>(L) A Method for Analyzing the Quality-in-Use in Collaborative Contexts.</b> <i>S. Salomón R. Duque, J. L. Montaña, L. Tenés</i></p> <p><b>(S) Towards a Model for Implicit Evaluation in the Wild on a Large Scale.</b> <i>D. Babahmetovic, C. Manresa</i></p>
13:30 - 14:00	<p><b>Session 8C: Concurso TFG y TFM en IPO (SPANISH)</b> Room: Room 2 (Salón Blanco)</p> <p><b>Accésit al TFG: Brain Computer Interface (BCI) based Application to Enhance the Interaction Mechanisms for People with Quadriplegia when using Mobile Devices.</b> <i>P. Gómez (UCLM)</i></p> <p><b>Premio al mejor TFG: Diseño de espacios virtuales para actividades de rehabilitación: evaluación de diferentes modos de navegación.</b> <i>J. J. González (UCLM)</i></p> <p><b>Accésit al TFM: Large scale User Experience research on trivago Intelligence.</b> <i>D. Babahmetovic (UIB)</i></p> <p><b>Premio al mejor TFM: PICTAR: una herramienta de elaboración de contenido para personas con TEA basada en la traducción de texto a pictogramas.</b> <i>A. M. Guerrero (UCM)</i></p>	<p><b>Session 8D: Quality in use (ENGLISH)</b> Room: Plenary room</p> <p><b>(L) A Method for Analyzing the Quality-in-Use in Collaborative Contexts.</b> <i>S. Salomón R. Duque, J. L. Montaña, L. Tenés</i></p> <p><b>(S) Towards a Model for Implicit Evaluation in the Wild on a Large Scale.</b> <i>D. Babahmetovic, C. Manresa</i></p>
14:00 - 15:30	<p><b>Keynote speech: "Measuring Users Experiences: Retrospect and Prospect" by Prof. Effie Lai-Chong Law</b> Room: Plenary room (Salón de Música)</p> <p><b>Interacción 2019 Closing Ceremony (Spanish-English)</b> Room: Plenary room (Salón de Música)</p> <p style="text-align: center;"><b>LUNCH "Restaurante Tenis"</b></p>	



**Workshop on Engendering Technologies 2019, 26/6/2019**

	<b>Paper presentations I (ENGLISH)</b> <b>Room: Plenary Room (Salón de Música)</b>
11:30 - 12:30	<b>(L) The Female Effect: The Case of Gender Parity on User Studies.</b> <i>M. F. Roig, R. Mas</i>
	<b>(L) Trends in studies developed in Europe focused on the gender gap in STEM.</b> <i>A. García, S. Verdugo, M. V. Sánchez, F. J. García</i>
	<b>Paper presentations II (ENGLISH)</b> <b>Room: Plenary Room (Salón de Música)</b>
12:30 - 13:30	<b>(L) Are there any gender differences in students' emotional reactions to programming learning activities?</b> <i>M. Coto, S. Mora</i>
	<b>(S) Strategies to help Computer Science students develop sensitivity towards the gender gap.</b> <i>S. Román</i>
	<b>(S) The Experimental Investigation of the influence of Gender in Enjoyment, Ease of use, Satisfaction, and Usefulness during Interaction in Gaming Environment.</b> <i>A. Jamil, N. Faisal, M. A. Habib, S. Jabbar, H. Ahmad</i>
13:30 - 15:00	<b>LUNCH "Restaurante Tenis"</b>
	<b>Keynote Speech</b> <b>Room: Plenary Room (Salón de Música)</b>
15:00 - 16:00	<b>Sara Alvarellos</b>
	<b>Paper presentations III (SPANISH)</b> <b>Room: Plenary Room (Salón de Música)</b>
16:00 - 17:30	<b>(L) Sex with robots: analyzing the gender and ethics approaches in design.</b> <i>C. González, R. M. Gil, P. Paderewski</i>
	<b>(L) Mecanismos para identificar las emociones en los cursos iniciales de programación: ¿qué prefieren las mujeres?</b> <i>B. Grass, M. Coto, C. Collazos, P. Paderewski</i>
	<b>(S) Género y Roles de Equipo en Interacciones Colaborativas: Un Análisis Preliminar.</b> <i>R. Costaguta, D. Missio, P. Santana</i>

<b>Jornada IPO en la Empresa 25/6/2019 Martes</b>			
8:30 - 9:00	Inscripción		
9:00 - 10:00	Panel: <b>¿Hay una IPO académica y otra industrial?</b> <i>G. Lasa, J. M. Junoy, C. González. Coordina: Maitane Mazmela (UM)</i>		
10:00 - 11:30	Mesa redonda: <b>Qué papel juega la IPO en la empresa.</b> <i>Jon Kepa Gerrikagoitia (IK4 IDEKO), Miquel Zorraquino (Zorraquino), y Josep Blanco (Interactius)</i> Coordina: Enrique Rondal		
11:30 - 12:00	Café		
12:00 - 13:30	Conferenciante invitado <b>Últimas tendencias de la IPO en la empresa.</b> <i>Oscar Pastor</i>		
13:30 - 15:00	Comida Restaurante Tenis		
15:00 - 16:30	Tutorial 1: <b>Design Thinking aplicado a la User Experience.</b> <i>Anna Ripoll</i>	Tutorial 2: <b>El papel del diseño en la era de la IA y Machine Learning.</b> <i>Michael Thompson</i>	<b>Workshop CHIjote 2019</b>
16:30 - 17:00	Café		
17:00 - 18:30	Tutorial 1: <b>Design Thinking aplicado a la User Experience.</b> <i>Anna Ripoll</i>	Tutorial 2: <b>El papel del diseño en la era de la IA y Machine Learning.</b> <i>Michael Thompson</i>	<b>Workshop CHIjote 2019</b>

# Table of Contents/Tabla de Contenidos

<b>Keynote Speech: “Smart rooms, Cars, Offices and Phones” by Nuria Oliver</b> .....	1
<b>Session 1A: Information Visualization I (Spanish)</b> .....	3
<b>Gráficos estadísticos accesibles para personas con baja visión y visión cromática deficiente</b> Rubén Alcaraz Martínez, Mireia Ribera Turró and Toni Granollers Saltiveri.....	5
<b>Propuesta y evolución multidimensional de una metáfora visual para facilitar el aprendizaje de la programación</b> Santiago Schez-Sobrino, Maria De Los Ángeles García, Cristian Gómez, Carlos Glez-Morcillo, David Vallejo, Javier Alonso Albusac and Miguel Ángel Redondo.....	6
<b>Visualización de rayos cósmicos mediante técnicas 3D y de realidad aumentada</b> Diego Ferro, Julian Flores and Juan Garzón.....	7
<b>Session 1B: HCI and Education I (English)</b> .....	9
<b>EmoTEA: Teaching children with Autism Spectrum Disorder to identify and express emotions</b> Jose María García García, Victor M. R. Penichet and María Dolores Lozano.....	11
<b>The INTELed pedagogical framework: Applying embodied digital apps to support special education children in inclusive educational contexts</b> Alejandra Martínez-Monés, Sara Villagrà-Sobrino, Yiannis Georgiou, Andri Ioannou and María Jiménez-Ruiz.....	12
<b>BlueThinking, a programming tool for the development of executive functions at childhood</b> Isaac Lozano-Osorio, David Roldán-Álvarez, Adrián Bacelo and Estefanía Martín.....	13
<b>Session 2A: HCI and Healthcare I (Spanish)</b> .....	15
<b>Reconocimiento automático de ejercicios realizados por supervivientes de ictus para mejorar la rehabilitación remota</b> Santiago Schez-Sobrino, Dorothy Monekosso, David Vallejo, Carlos Glez-Morcillo, José Jesús Castro-Schez and Miguel A. Redondo.....	17
<b>Una herramienta de rehabilitación para los miembros superiores con gamificación y realidad aumentada: Propuesta y validación inicial</b> Gabriel Fuertes Muñoz and Jesús Gallardo Casero.....	18



<b>Session 2B: Information Visualization II (English)</b> .....	19
<b>Tailored information dashboards: A systematic mapping of the literature</b> Andrea Vázquez-Ingelmo, Francisco José García Peñalvo and Roberto Theron. ....	21
<b>Comparative analysis of preprocessing tasks over social media texts in Spanish</b> Juan Pablo Tessore, Leonardo Esnaola, Claudia Russo and Sandra Baldassarri. ....	22
<b>Posters Presentations (English &amp; Spanish)</b> .....	23
<b>The effects of consumers' information security behavior and information privacy concerns on usage of IoT technologies</b> Seonglim Lee, Na Eun Park and Jaehye Suk.....	25
<b>Customer's perceptions of human features in frontline robots, consequences for service value and loyalty.</b> Daniel Belanche, Luis V. Casaló and Carlos Flavián.....	26
<b>How should "AI speakers" touch consumer hearts?</b> Hyewon Lim, Hyesun Hwang, Kee Ok Kim and Yeon Ji Yang.....	27
<b>Daily life with "Clova" smart speaker</b> Xu Li, Hyewon Lim and Hyesun Hwang.....	28
<b>Korean consumers' cognitive, affective, and behavioral responses regarding smart watches based on Social Network Analysis</b> Yu Lim Lee, Minji Jung, In-Hyoung Park, Ahyoung Kim and Jae-Eun Chung.....	29
<b>Tecnologías y objetos tangibles para interacción en entornos de Realidad Virtual inmersiva</b> Oscar Ardaiz, Asier Marzo, Unai Dominguez, Ruben Baztan and Iñigo Ezcurdia.....	30
<b>MyoArm: Control remoto de brazo robótico con EMG</b> Alfonso Pérez-Rodríguez, Manuel Domínguez-Morales, Ángel Jiménez-Fernández and Alejandro Linares-Barranco.....	31
<b>GAMEXO: Exoesqueleto para ayuda de pacientes con movilidad reducida mediante técnicas de gamificación</b> José Miguel Domínguez-Bobillo, Manuel Domínguez-Morales, Lourdes Miró-Amarante and Antón Civit-Balcells.....	32
<b>Control remoto de vehículo mediante gestos</b> Jesús Checa-Chaves, Manuel Domínguez-Morales, Antonio Rios-Navarro, Juan Pedro Domínguez-Morales and Francisco Gómez-Rodríguez.....	33
<b>Control de ratón mediante movimiento de iris</b> Alfonso Romero-Rodríguez, Manuel Domínguez-Morales, Manuel Rivas-Pérez and Ángel Jiménez-Fernández.....	34
<b>Manipulación de objetos con interfaces naturales de usuario</b> Marc Viladegut, Juan E. Garrido, Toni Granollers and Oscar Lopez.....	35



<b>Demos Presentations (English &amp; Spanish)</b> .....	37
<b>Tangible interactions with acoustically levitated voxels</b> Asier Marzo, Oscar Ardaiz, Steven Kockaya, Julie Williamson and Euan Freeman.....	39
<b>Efficient DMA transfers management on embedded Linux PSoC for Deep-Learning gestures recognition</b> Antonio Rios-Navarro, Ricardo Tapiador-Morales, Gabriel Jimenez-Moreno and Alejandro Linares-Barranco.....	40
<b>ModeRate: A tablet game to measure the performance of moded interaction techniques</b> Katherine Fennedy and Hyowon Lee.....	41
<b>Therapeutic exercise based on videogames to improve neck pain</b> Antonio Arenas, Javier Varona, Maria Francesca Roig Maimó, Katia San-Sebastián Fernández, Iosune Salinas-Bueno and Cristina Manresa-Yee.....	42
<b>A mood modulation using Virtual Reality and binaural sounds</b> Francisco J. Perales, Miguel Sánchez and Silvia Ramis.....	43
<b>Tecnologías y objetos tangibles para interacción en entornos de Realidad Virtual inmersiva</b> Oscar Ardaiz, Asier Marzo, Unai Dominguez, Ruben Baztan and Iñigo Ezcurdia.....	44
<b>Session 3A: Accessibility I (Spanish)</b> .....	45
<b>Del Diseño Centrado en el Usuario al Diseño para la Vida</b> Miguel Gea, Jose J. Cañas and Aurelia Carrillo.....	47
<b>Arquitectura para el desarrollo de interfaces de correo electrónico para invidentes</b> David Doyáquez, Javier Gomez, Germán Montoro and Juan Carlos Torrado.....	48
<b>Análisis de la ejecución de tareas en una interfaz de visualización de datos y su implicación en el desempeño individual</b> Maitane Mazmela Etxabe, Ganix Lasa Erle and Aitor Agirre Ortuzar.....	49
<b>Session 3B: Development and Design Methods I (English)</b> .....	51
<b>Product Design and Development methodologies vs. Multimedia Systems Development methodologies: An approximation from the foundations of their disciplines</b> Carlos Alberto Peláez Ayala, Andrés Solano, Toni Granollers and Paola Andrea Castillo.....	53
<b>Improving agile software development methods by means of user objectives: An end user guided acceptance test-driven development proposal</b> Begoña Losada, Juan Miguel López and Maite Urretavizcaya.....	54
<b>Towards automatic web navigation based on client-side interaction data</b> Iñigo Perona, Ainhoa Yera, Olatz Arbelaitz, Javier Muguerza, J. Eduardo Pérez and Xabier Valencia.....	55



<b>Session 3C: Games and Gamification (English)</b> .....	57
<b>The quest for a better tailoring of gameful design: An analysis of player type preferences</b> Alberto Mora Carreño, Gustavo F. Tondello, Laura Calvet, Carina Gonzalez-González, Joan Arnedo-Moreno and Lennart E. Nacke.....	59
<b>Persuasive games in interactive spaces: The Hidden Treasure game</b> Clara Bonillo Fernández, Teresa Romão and Eva Cerezo.....	60
<b>Teaching principles of programming without ICT: Sharing experiences on the design of a board game</b> María Alexandra Espinosa C, Román Eduardo Sarmiento Porras, Nitae A. Uribe O., Ariel O. Ortiz B and Pedro E. Casanova N.....	61
<b>Session 4A: Accessibility II (Spanish)</b> .....	63
<b>Proto-patrones de diseño para mejorar la interacción en videojuegos de personas con ceguera del color</b> Josefa Molina-Lopez and Nuria Medina Medina.....	65
<b>Análisis de accesibilidad en interfaces de placas de cocción</b> Amaia Beitia, Beatriz Alonso, Arantxa Gonzalez de Heredia, Daniel Justel and Javier Aranceta.....	66
<b>Session 4B: Behaviour Recognition (English)</b> .....	67
<b>Statistical HOG on multi-temporal depth motion maps approach for human action recognition</b> Heba Ali, Aliaa Youssif and Hossam Moftah.....	69
<b>Exploring the addition of audio input to wearable punch recognition</b> Juan Quintero Ovalle, Katarzyna Stawarz and Asier Marzo.....	70
<b>Bouncy Buttons: Turning standard buttons into pressure-sensitive inputs</b> Asier Marzo.....	71
<b>Session 4C: User Experience (English)</b> .....	73
<b>User experience problems in immersive virtual environments</b> Juan Luis Berenguel Forte, Francisco Luis Gutiérrez Vela and Patricia Paderewski Rodríguez.....	75
<b>Analysing the UX scope through its definitions</b> Pedro Gómez-López, Francisco Montero Simarro and María Teresa López Bonal.....	76
<b>Session 4D: Avances y Desafíos en la IPO en la Industria Digitalizada (Spanish)</b> .....	77
<b>Tecnologías de Interacción Persona-Ordenador en la docencia de la Industria 4.0: Un caso de estudio</b> Alfonso Blesa Gascón, Jesús Gallardo Casero and Carlos Catalán Cantero.....	79
<b>HEMEI: Nueva herramienta de evaluación de la experiencia de usuario para las interfaces humano-máquina</b> Erik Aranburu, Ganix Lasa and Jon Kepa Gerrikagoitia.....	80





<b>Session 5A: Development and Design Methods II (Spanish)</b> .....	81
<b>Generación automática de interfaces de usuario para sistemas CSCL: Una propuesta de Desarrollo Dirigida por Modelos con tecnología Eclipse</b>	
Yoel Arroyo, Ana Isabel Molina, Miguel Ángel Redondo and Carmen Lacave.....	83
<b>UML2App: Avanzando en la generación automática de interfaces de usuario para dispositivos móviles</b>	
Víctor López-Jaquero, Pascual Gonzalez, Francisco Montero and José Pascual Molina.....	84
<b>Session 5B: Multimodal Interaction I (English)</b> .....	85
<b>Smart Home: Multimodal interaction for control of home devices</b>	
Miguel Angel Contreras-Castañeda, Juan A. Holgado, Gonzalo Pomboza-Junes, Patricia Paderewski-Rodriguez and Francisco Luis Gutiérrez-Vela.....	87
<b>Designing visual interfaces to support voice input: The case of a TV application to request help in daily life tasks</b>	
Rita Santos, Joana Beja, Mário Rodrigues and Ciro Martins.....	88
<b>Session 5C: HCI and Healthcare II (English)</b> .....	89
<b>A wearable system for path finding to assist elderly people in an indoor environment</b>	
Mahmuda Rawnak Jahan, Faisal Ibn Aziz, Marium Binte Ibrahim Ema, Anika Binte Islam and Muhmmad Nazrul Islam.....	91
<b>Neuromodulation system in closed loop for enhancing the sleep and the memory consolidation</b>	
Nestor Garay-Vitoria, Andoni Arruti, José I. Martín, Javier Muguerza, Ainara Garzo, Erik Hernández, Ainhoa Álvarez, Jon Arambarri, Pedro M. Paz-Alonso, Manuel Carreiras and Ander Ramos.....	92
<b>Session 6A: Virtual and Augmented Reality (English)</b> .....	93
<b>Engaging users with an AR pervasive game for personal urban awareness</b>	
Mónica Sánchez-Francisco, Federico Fabiano, Paloma Díaz and Ignacio Aedo.....	95
<b>Do low cost Virtual Reality devices support learning acquisition?</b>	
Paloma Díaz, Telmo Zarraonandia, Mónica Sánchez de Francisco, Ignacio Aedo and Teresa Onorati.....	96
<b>Session 6B: Multimodal Interaction II (English)</b> .....	97
<b>Analyzing the performance of ASR systems: The effects of noise, distance to the device, age and gender</b>	
Ana Rodrigues, Rita Santos, Jorge Abreu, Pedro Beça, Pedro Almeida and Sílvia Fernandes.....	99
<b>Modus Operandi: Implications of lengthy mode switching sequences in multitouch interaction</b>	
Katherine Fennedy and Hyowon Lee.....	100



<b>Influence of the environmental hostility level in an HCI system</b> Mikel Pérez-Frutos, Asier Salazar-Ramírez, Maria Luz Álvarez, Raquel Martínez, José Ignacio Martin and Andoni Arruti.....	101
<b>Session 6C: Accessibility III (English)</b> .....	103
<b>Expert-based assessment of an Augmentative and Alternative Communication tool</b> Daniel Guasch, Israel Martin-Escalona, José A. Macías, Lourdes Moreno, Raquel Hervás and Susana Bautista.....	105
<b>Accessibility-in-use of public e-services: An exploratory study including users with low vision</b> Aritz Sala, Myriam Arrue, Xabier Valencia and J. Eduardo Pérez.....	106
<b>Lexical simplification approach to support the accessibility guidelines</b> Lourdes Moreno, Rodrigo Alarcón-García, Isabel Segura-Bedmar and Paloma Martínez.....	107
<b>Presentation of Research Groups (English &amp; Spanish)</b> .....	109
<b>The Interactive Systems Research Group at UC3M: Pervasive, social and multimodal computing for, with and by users</b> Paloma Díaz and Ignacio Aedo.....	111
<b>Grupo de Investigación en Ingeniería de Sistemas Interactivos</b> Maria Dolores Lozano, Jose A. Gallud, Victor M. R. Penichet, Ricardo Tesoriero, Juan Enrique Garrido Navarro, Elena de La Guía, Félix Albertos Marco, Habib M. Fardoun, Gabriel Sebastian, José María García and Cristian Cuerda.....	112
<b>METODO Research Group (University of Zaragoza)</b> Carlos Flavian.....	113
<b>UpnaLab: Future interactive devices and creative technologies</b> Oscar Ardaiz, Asier Marzo, Luis M. Diaz De Cerio and Alfredo Pina.....	114
<b>Grupo Human Language and Accessibility Technologies (HULAT)</b> Paloma Martínez Fernández.....	115
<b>Laboratorio de interacción con el usuario e ingeniería del software</b> Pascual González, Antonio Fernández-Caballero, María Teresa López, Víctor López-Jaquero, Francisco Montero, José Pascual Molina, Rafael Morales, Elena Navarro and José Luis de la Vara.....	116
<b>3DI-DIANA. Interacción 3D y Realidad Virtual</b> Arcadio Reyes-Lecuona.....	117
<b>Grupo de Investigación IDIS</b> Cesar Collazos, Julio Hurtado, Pablo Mage and Francisco Pino.....	118
<b>GI-ACSC: Grupo de Investigación en Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora</b> Rosanna Costaguta and María De Los Angeles Menini.....	119
<b>Egokituz Laboratorio de Interacción Persona-Computador para Necesidades Especiales</b> Julio Abascal, Myriam Arrue, Nestor Garay and Luis Gardezabal.....	120



<b>Session 7A: Interaction and Communication (Spanish)</b> .....	121
<b>Reconociendo roles de equipo en interacciones colaborativas</b> Hugo Figueroa, Rosanna Costaguta, María De Los Angeles Menini and Daniela Missio.....	123
<b>Generación Z y Fortnite: Nuevos paradigmas éticos de diseño de videojuegos</b> Rosa Maria Gil Iranzo, Carina González, Patricia Paderewski, Joan Arnedo Moreno, Marga Domenech and Maria Lleras de Frutos.....	124
<b>Session 7B: Human-Robot Interaction (English)</b> .....	125
<b>Interacción basada en robots sociales para la evaluación de expresiones faciales</b> Silvia Ramis, Francisco José Perales, José María Buades Rubio and Alejandro Guerrero.....	127
<b>Can morality be ascribed to robot?</b> Shoji Nagataki, Hideki Ohira, Tatsuya Kashiwabata, Takeshi Konno, Takashi Hashimoto, Toshihiko Miura, Masayoshi Shibata and Shin'Ichi Kubota.....	128
<b>Session 7C: HCI and Education II (English)</b> .....	129
<b>Developing handwriting skills in children with dyspraxia: A gestural user interface-based approach</b> Ismar Frango Silveira and Leonardo Ramón Marques.....	131
<b>Learning through video blogs: The case of students with intellectual disabilities</b> Inmaculada Fajardo, Ladislao Salmerón, Vicenta Ávila, Pablo Delgado, Nadina Gómez and Marcos Gómez.....	132
<b>Teaching the sequential programming concept using a robotic arm in an interactive museum</b> Federico Botella, Antonio Peñalver Benavent, Manuel Quesada-Martínez, Fulgencio Bermejo and Fernando Borrás.....	133
<b>Session 7D: Relevant Articles Already Published (English)</b> .....	135
<b>Summary of the paper “Assessing the impact of the awareness level on a co-operative game”</b> Miguel Angel Teruel, Nelly Condori-Fernandez, Elena Navarro, Pascual Gonzalez and Patricia Lago.....	137
<b>Session 8A: Natural User Interfaces (Spanish)</b> .....	139
<b>Análisis de experiencias con objetos activos en actividades educativas basadas en interacción tangible</b> Mainor Cruz, Cecilia Sanz and Sandra Baldassarri.....	141
<b>Reconocimiento de emociones en video y audio mediante el uso de técnicas de Inteligencia Artificial</b> Juan Miguel López and Nestor Garay-Vitoria.....	142



<b>Session 8B: Quality in Use (English)</b> .....	143
<b>A method for analyzing the Quality-in-Use in collaborative contexts</b> Sergio Salomón García, Rafael Duque, Jose L. Montaña and Luis Tenés.....	145
<b>Towards a model for implicit evaluation in the wild on a large scale</b> Dino Babahmetovic and Cristina Manresa-Yee.....	146
<b>Keynote Speech: “Measuring User Experiences: Retrospect and Prospect” by Prof. Effie Lai-Chong Law</b> .....	147
<b>Doctoral Colloquium</b> .....	149
<b>Procesos de codiseño en la adaptabilidad tecnológica para personas con movilidad reducida</b> Christian Quintero.....	151
<b>5th Workshop on EnGendering Technologies</b> .....	153
<b>The Female Effect: The case of gender parity on user studies</b> Maria Francesca Roig-Maimó and Ramon Mas-Sansó.....	155
<b>Trends in studies developed in Europe focused on the gender gap in STEM</b> Alicia García-Holgado, Sonia Verdugo-Castro, M <sup>a</sup> Cruz Sánchez Gómez and Francisco José García-Peñalvo.....	156
<b>Are there any gender differences in students' emotional reactions to programming learning activities?</b> Mayela Coto and Sonia Mora.....	157
<b>Strategies to help Computer Science students develop sensitivity towards the gender gap</b> Sara Román.....	158
<b>The experimental investigation of the influence of gender in enjoyment, ease of use, satisfaction, and usefulness during interaction in gaming environment</b> Abid Jamil, Dr. Nadeem Faisal, Muhammad Asif Habib, Sohail Jabbar and Haseeb Ahmad.....	159
<b>Keynote speech by Sara Alvarellós</b> .....	160
<b>Sex with robots: Analyzing the gender and ethics approaches in design</b> Carina Gonzalez-González, Rosa M. Gil-Iranzo and Patricia Paderewski.....	161
<b>Mecanismos para identificar las emociones en los cursos iniciales de programación: ¿Qué prefieren las mujeres?</b> Beatriz Grass, Mayela Coto, Cesar Collazos and Patricia Paderewski.....	162
<b>Género y roles de equipo en interacciones colaborativas: Un análisis preliminar</b> Rosanna Costaguta, Daniela Missio and Pablo Santana-Mansilla.....	163



## Keynote Speech: “Smart rooms, Cars, Offices and Phones” by Nuria Oliver

Dr. Oliver is a computer scientist. She



holds a Ph.D. from the Media Lab at MIT. She is the first female computer scientist in Spain to be named an ACM Distinguished Scientist and an ACM Fellow. She is also a Fellow of the European Association of Artificial

Intelligence and a IEEE Fellow. She is well known for her work in computational models of human behavior, human computer-interaction, intelligent user interfaces, mobile computing and big data for social good. She is the co-inventor of 40 patents. She is a frequent keynote speaker both for technical and non-technical audiences. She regularly collaborates with and is featured by the media. She is very passionate about the power of technology to improve our quality of life, both individually and collectively (Wikipedia)

She invests significant effort in outreach efforts to make technology more accessible to the general public [<http://www.nuriaoliver.com/>]





**Session 1A: Information Visualization I (Spanish)**







**Gráficos estadísticos accesibles para personas con baja visión y visión cromática deficiente**

Rubén Alcaraz Martínez, Mireia Ribera Turró and Toni Granollers Saltiveri.

**Abstract:** Statistical charts and graphs play a primordial role in different areas of our life, such as information, education, communication or research, among others. However, authors and content publishers do not always follow the accessibility criteria in the design and creation of this type of content. Considering these two premises, this work includes the four main approaches in which the scientific literature has focused so far to improve the accessibility of statistical charts and graphs: text alternatives, sonification, tactile alternatives and multimodal alternatives, with the purpose of evaluating their suitability for people with low vision and colour blindness. Finally, some solutions are suggested that seem technologically viable and that start from the use of JavaScript libraries for the creation of interactive charts, in combination with other standards such as WAI-ARIA to tag and provide information about the content and the characteristics of the charts and the use of pattern fill to areas as a strategy to differentiate visual variables.

Notes/Notas:



# Gráficos estadísticos accesibles para personas con baja visión y visión cromática deficiente

Rubén Alcaraz Martínez<sup>†</sup>  
Departament de Biblioteconomia,  
Documentació i Comunicació  
Audiovisual  
Universitat de Barcelona  
Barcelona, España  
ralcaraz@ub.edu

Mireia Ribera Turró  
Departament de Matemàtiques i  
Informàtica  
Universitat de Barcelona  
Barcelona, España  
ribera@ub.edu

Toni Granollers Saltiveri  
Departament d'Informàtica i  
Enginyeria Industrial  
Universitat de Lleida  
Lleida, España  
antoni.granollers@udl.cat

## ABSTRACT

Statistical charts and graphs play a primordial role in different areas of our life, such as information, education, communication or research, among others. However, authors and content publishers do not always follow the accessibility criteria in the design and creation of this type of content. Considering these two premises, this work includes the four main approaches in which the scientific literature has focused so far to improve the accessibility of statistical charts and graphs: text alternatives, sonification, tactile alternatives and multimodal alternatives, with the purpose of evaluating their suitability for people with low vision and color blindness. Finally, some solutions are suggested that seem technologically viable and that start from the use of JavaScript libraries for the creation of interactive charts, in combination with other standards such as WAI-ARIA to tag and provide information about the content and the characteristics of the charts and the use of patterns to fill areas as a strategy to differentiate visual variables.

## CCS CONCEPTS

• Human-centered computing → Accessibility → Accessibility systems and tools

## KEYWORDS

Charts, graphs, information visualization, color blindness, low-vision users

## 1 Introducción

Los gráficos estadísticos son un tipo de representación de datos presente en prácticamente todos los ámbitos de nuestra vida. Así, en los medios de comunicación, especialmente –aunque no exclusivamente– en el denominado periodismo de datos, es frecuente encontrar este tipo de representaciones. También podemos observar ejemplos significativos en otros ámbitos como la educación, publicidad, redes sociales, ocio o todos aquellos derivados del movimiento de datos abiertos, que ha supuesto la disponibilidad de grandes conjuntos de datos accesibles para la ciudadanía, publicados por parte de la administración pública a través de sus portales de transparencia. Un contexto como el actual en el que la visualización de datos es protagonista en

diferentes sectores en los que además se involucra a diferentes profesiones como ingenieros, analistas de datos, periodistas, diseñadores, investigadores, entre otros [1], requiere que los gráficos sean accesibles para todas las personas.

La baja visión engloba a todas aquellas personas con una discapacidad visual distinta a la ceguera, que no puede ser corregida por completo con lentes correctoras [2]. Esto implica la existencia, bajo esta categoría, de múltiples perfiles de usuario con diferentes grados de agudeza visual y campo de visión, así como múltiples problemas causados por diferentes enfermedades oculares y afecciones como las cataratas, el glaucoma, la degeneración macular, o la retinopatía diabética.

Por su parte, la visión cromática deficiente (VCD) –también denominada ceguera al color– se refiere a la incapacidad que presentan algunas personas para distinguir ciertas combinaciones de colores. Aunque en general se trata de una condición hereditaria, la VCD también puede derivarse de algunas enfermedades como la diabetes, el glaucoma, la esclerosis múltiple, la leucemia o la anemia falciforme, entre otras [3].

Atender a los problemas de accesibilidad de estos perfiles de usuario, supone el reto añadido de afrontar la creación de contenido accesible para los diferentes grados de agudeza, campo de visión y visión cromática, cada uno de ellos con sus propias características y necesidades.

El usuario con baja visión se beneficia del uso de diferentes ayudas técnicas entre las que destaca el uso de los magnificadores. También de otras herramientas integradas en estas aplicaciones o independientes que permiten aplicar cambios de colores en las interfaces, ofreciendo combinaciones de colores que proporcionan un alto contraste. Algunos usuarios con baja visión, también se benefician del uso de punteros mayores y del soporte de voz mediante lectores de pantalla, que combinan con las herramientas anteriores.

Esta investigación aborda la accesibilidad de los gráficos estadísticos, centrándose en las personas con baja visión y visión cromática deficiente. La literatura científica se ha centrado en ambos aspectos, aunque fundamentalmente se ha orientado a la accesibilidad de este tipo de contenido para las personas ciegas o con muy poco resto de visión. Si bien es cierto que, las

alternativas propuestas para este colectivo pueden suponer también ciertos beneficios para los usuarios con baja visión y VCD, existe un déficit importante de trabajos orientados a estos colectivos específicos. El presente artículo recoge la primera fase de una investigación en curso, consistente en una revisión de los trabajos y soluciones existentes, en vistas a apuntar posibles nuevas vías de representación y metodologías de diseño y creación para este tipo de contenido en el contexto del proyecto.

## 2 Justificación

La Organización Mundial de la Salud cifra en 1300 millones, la cantidad de personas que padecen algún tipo de discapacidad visual, de las cuales 36 millones son ciegas. La gran mayoría de personas afectadas por una discapacidad visual se engloban, por lo tanto, dentro de lo que se considera baja visión. En concreto y, por lo que respecta a la visión lejana, 188,5 millones de personas presentan baja visión moderada y 217 millones una visión situada entre moderada y grave; mientras que por lo que respecta a la visión de cerca, el número total de personas con baja visión se estima en unos 826 millones [4]. Una cifra que va de la mano del aumento del envejecimiento global de la población. En este sentido, el 86% de las personas ciegas, el 86% de las personas con baja visión y el 61% de la población con presbicia tienen 50 años o más [5].

Otras discapacidades visuales como la VCD también afectan a una parte sustancial de la población mundial. La Protanopia y, especialmente, la Deuteranopia, son las dos formas más comunes en las que se presenta la VCD. Éstas afectan aproximadamente al 8% de los hombres y al 0,4% de las mujeres (Birch, 2014), lo que supone cerca del 4,5% de la población mundial –más de 300 millones de personas– [6].

Por lo que respecta al marco legal aplicable, tanto a nivel internacional, como nacional, se han venido sucediendo en las últimas décadas diferentes normas legales referidas a la accesibilidad digital y a los derechos de las personas con discapacidad. A las directrices de referencia en el ámbito de la accesibilidad, las Directrices para la accesibilidad del contenido web (WCAG), se han sumado diferentes textos legales como la *EN 301 549: Accessibility requirements suitable for public procurement of ICT products and services in Europe* (2014), actualizada en 2015 (EN 301 549 v1.1.2) y 2018 (EN 301 549 v2.1.2). Ambas clarifican el cumplimiento de la *Directiva (UE) 2016/2102 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de octubre de 2016, sobre la accesibilidad de los sitios web y aplicaciones para dispositivos móviles de los organismos del sector público*, que obliga a los organismos públicos europeos a que las páginas web y las aplicaciones móviles sean accesibles de acuerdo con la EN 301 549, además de adaptarse a la versión 2.1 de las WCAG. La transposición al marco jurídico español se ha materializado mediante el *Real Decreto 1112/2018, de 7 de septiembre, sobre accesibilidad de los sitios web y aplicaciones para dispositivos móviles del sector público*.

En relación con las WCAG, éstas han venido recogiendo en sus diferentes versiones, algunos criterios de conformidad relacionados con la accesibilidad del contenido para personas con baja visión, como el tamaño del texto o el contraste. La publicación de la versión 2.1 de las directrices ha ampliado estos requisitos al contenido gráfico y, por extensión, a los gráficos estadísticos [7]. Un hecho que corrobora la importancia creciente de la visualización de la información en todos los ámbitos de la comunicación digital, además de ampliar los horizontes de estas directrices hacia una tendencia generalizada que persigue una filosofía más amplia de la accesibilidad.

Por lo que respecta al uso de gráficos estadísticos en la educación, diferentes materias en distintos niveles formativos presentan un uso importante de gráficos entre los contenidos y estándares de aprendizaje evaluables. Por ejemplo, en el caso de España, el *Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria* (2014) recoge entre estos estándares la necesidad de que los estudiantes sean capaces no sólo de consultar documentos escritos e imágenes, sino también gráficos de diferente índole como diagramas de barras, poligonales y sectoriales o pirámides de población, entre otros, en materias como las ciencias naturales, ciencias sociales, lengua y literatura o matemáticas. Asimismo, el *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato* (2015) también recoge el uso de este tipo de contenidos en materias como las matemáticas, física, química, biología y geología, historia, o en las ciencias de la tierra y el medio ambiente, entre otras.

Finalmente, también cabe destacar que otros colectivos o perfiles como estudiantes universitarios e investigadores pueden verse beneficiados de los resultados de una mayor accesibilidad en los gráficos. En este sentido, conviene destacar que si los resultados de investigación no son accesibles –y los gráficos estadísticos son una parte fundamental de muchos trabajos científicos– son muchos los lectores que pueden verse excluidos, limitando también la visibilidad de esos trabajos. Asimismo, la posibilidad de adquisición por parte de la administración pública de aquellos productos que incorporen gráficos estadísticos accesibles también se ve reducida, debido a su obligación legal de cumplir con unos requisitos mínimos de accesibilidad.

## 3 Soluciones existentes

La literatura científica recoge, fundamentalmente, cuatro aproximaciones diferentes en vistas a mejorar la accesibilidad de los gráficos estadísticos: la inclusión de alternativas textuales, el uso de esquemas sonoros, la generación de alternativas táctiles y la implementación de presentaciones multimodales.

### 3.1 Alternativas textuales

En relación con las alternativas textuales, son cinco las aproximaciones –no excluyentes entre sí– disponibles para ofrecer una alternativa textual del contenido de los gráficos estadísticos: el título del gráfico, los textos alternativos, las

descripciones largas, las alternativas en forma de tabla y el etiquetado de gráficos dinámicos e interactivos.

El título expresa de forma breve y precisa el contenido del gráfico situándose, generalmente, como encabezado. En ningún caso, se trata de una alternativa completa al contenido del gráfico. No obstante, sí resulta especialmente relevante para determinados perfiles de usuario, por ejemplo, para los usuarios de lectores de pantalla, entre los que encontramos no sólo a los usuarios ciegos, sino también a personas con baja visión. Disponer de un título suficientemente informativo, les permite identificar y reconocer rápidamente el contenido del gráfico, pudiendo saltar rápidamente entre los gráficos disponibles en una página hasta dar con el que desean consultar.

Los textos alternativos proporcionan una descripción breve del contenido del gráfico. La especificación HTML no indica un número máximo de caracteres para el atributo alt en las imágenes. Asimismo, los lectores de pantalla tampoco muestran problemas si el texto es muy largo, más allá de la posibilidad de que algún producto como JAWS, los lean en bloques individuales de 125 caracteres.<sup>1</sup> No obstante, este atributo está pensado para ofrecer una síntesis del contenido y no una explicación detallada de elementos complejos como pueden ser los gráficos que nos ocupan [8] y, por tanto, debería ser breve y conciso [9].

Las descripciones largas son una variante de los textos alternativos utilizada cuando esta descripción breve no es suficiente para describir la función o información que contiene el gráfico [10]. A pesar de tratarse de una característica bien valorada por los usuarios, especialmente cuando la descripción larga se ofrece en la misma página que el gráfico [11][12], lo cierto es que el uso de esta técnica es minoritario en la Web, tal y como muestra el estudio de Pilgrim [13]. A diferencia de los textos alternativos, en este caso sí se trata de una técnica pensada para proporcionar una alternativa lo más completa posible al contenido visual.

Las tablas contienen exactamente los mismos datos que el gráfico en formato texto. De hecho, las tablas son, en la mayoría de las ocasiones, la fuente de datos a partir de la cual se generan los gráficos estadísticos. Sin embargo, se trata de una alternativa con la que los usuarios que conservan algún resto de visión dejan de verse beneficiados por la capacidad del gráfico para mostrar, de una manera visual y más eficiente, tendencias o comparativas entre variables. Por otro lado, el acceso al contenido de una tabla de datos, especialmente, si se trata de una tabla compleja, puede ser arduo para los usuarios de lectores de pantalla, sobre todo, en aquellos casos en los que las tablas no están convenientemente creadas. En este sentido, navegar entre celdas e ir leyendo los valores asociados a sus respectivos encabezados de columna o de columna y fila, implica para los usuarios un mayor uso de su

memoria a corto plazo, así como la consecución una tarea que implica una mayor carga cognitiva.

Finalmente, en los últimos años han aparecido bibliotecas de software basadas en los estándares HTML, CSS, SVG y JavaScript que permiten la creación de gráficos estadísticos dinámicos e interactivos, como alternativa a la creación de imágenes estáticas resultado de la exportación de un gráfico generado a partir de un software ofimático o de diseño. El nivel de personalización admitido por estas tecnologías, así como las implementaciones concretas de módulos centrados en mejorar la accesibilidad de algunas de ellas [14], pueden dar como resultado, gráficos marcados con información adicional sobre cada uno de los elementos que los conforman. Esto resulta en un tipo de contenido con el que los usuarios pueden interactuar más fácilmente, percibiendo información adicional al pasar el cursor sobre las diferentes partes del gráfico o, en el caso de las personas ciegas o con bajo resto de visión, accediendo a esa misma información mediante una interfaz de teclado y un lector de pantalla.

Para un ordenador o software, el texto es la morfología de contenido más fácil de procesar y manipular, pudiendo convertirla con relativa facilidad a otros formatos como la voz. Las personas con baja visión usuarias de lectores de pantalla se pueden beneficiar de las alternativas textuales en el sentido que su inclusión favorece una mejor compatibilidad con estas ayudas técnicas, así como con otras soluciones como los magnificadores de texto o los cambios en las combinaciones de colores entre texto y fondo, entre otros.

*3.1.1 Otros elementos textuales presentes en los gráficos estadísticos.* Más allá de los elementos creados específicamente para funcionar como una alternativa a los elementos no textuales, los gráficos estadísticos acostumbran –o pueden– presentar diferentes textos que los acompañan formando, en algunos casos, parte fundamental de ellos.

Uno de estos elementos son las leyendas, utilizadas para facilitar la interpretación de las marcas y variables utilizadas [15], por ejemplo, relacionando una escala de colores con sus valores numéricos asociados.

Otro elemento presente son las etiquetas. Éstas dotan a los gráficos de información de carácter textual acerca de la variable y categoría representadas. El uso de etiquetas sobre gráficos en formato de imagen de mapa de bits puede comportar problemas para determinados perfiles de usuario. Por un lado, las personas ciegas o con muy poco resto de visión no podrán acceder a ese contenido, a no ser que el documento haya pasado por un proceso de reconocimiento óptico de caracteres que, para obtener buenos resultados, requiere de una imagen de calidad mínima. Por otro lado, las personas con baja visión pueden tener problemas en la lectura de unos textos disponibles en una fuente tipográfica, tamaño o color, que pueden no ser los más adecuados para ellos y que no podrán adaptar.

<sup>1</sup> How long can an "alt" attribute be? DO-IT Factsheet #1257.  
<https://www.washington.edu/accessit/print.html?ID=1257>

Estos problemas asociados a las etiquetas y que se pueden dar tanto en el contexto de un documento ofimático, como en el de un sitio web, se pueden solventar con el uso de gráficos dinámicos interactivos. En este tipo de visualizaciones, el etiquetado de elementos no suele ser una imagen de texto, sino que es texto puro. Esto permite a las ayudas técnicas acceder a ese contenido y transmitirlo al usuario. Por otro lado, también se antoja viable, la posibilidad de ofrecer al usuario diferentes hojas de estilo para que éste escoja aquella que se adapte mejor a sus necesidades o preferencias. En el mismo sentido, un gráfico de estas características podría adaptarse automáticamente mediante otras ayudas técnicas como, por ejemplo, las que permiten sobrescribir la hoja de estilos del sitio web por una de alto contraste.

Por su parte, Microsoft ha ido incorporando paulatinamente características para la mejora de la accesibilidad de los documentos ofimáticos generados con su paquete Microsoft Office. En este sentido, Excel, su programa para la creación de hojas de cálculo, permite añadir títulos al gráfico, a los ejes, a las etiquetas de los ejes, o la incorporación de un texto alternativo.

El uso de imágenes en formato SVG (Scalable Vector Graphics) es una recomendación del W3C para imágenes vectoriales, basada en el uso del formato XML, en la que las características de éstas se codifican como texto plano. Este formato también puede resultar más accesible que las imágenes en mapa de bits, en determinadas situaciones. Entre los beneficios del uso de SVG podemos destacar el hecho de tratarse de una solución totalmente estandarizada que permite trabajar la estructura, contenido y presentación de manera separada; la posibilidad de ampliarlas tanto como necesite el usuario sin perder calidad, a diferencia de las imágenes en formato de mapa de bits, cuya calidad se ve afectada a medida que se aumenta su tamaño; su compatibilidad con una amplia variedad de agentes de usuario; su completa integración en el modelo de objetos del documento (DOM) de las páginas web, lo que permite interactuar con ellos para adaptarlos a diferentes presentaciones o estilos; o la posibilidad de incorporar roles o atributos ARIA para cada uno de los polígonos que conforman el gráfico. Respecto a esta última característica, el W3C ha trabajado no sólo los roles y propiedades relacionados con las imágenes entendidas en sentido amplio, sino también algunos específicos orientados al uso de gráficos estadísticos [16][17]. Unos atributos que, junto a los atributos ARIA globales pensados para etiquetar, describir valores, la orientación, etc., permiten crear elementos con información muy pormenorizada acerca de sus atributos y valores.

En base a estas características y posibilidades del formato SVG, se han desarrollado herramientas de software capaces de transformar automáticamente un gráfico en este formato, en una alternativa táctil con soporte de un sintetizador de voz [18].

Los pies de imagen –o de figura– constituyen una breve explicación o comentario acerca del elemento no textual al que acompañan. En algunos casos, los autores o editores se limitan a utilizarlos en sustitución del título del gráfico, mientras que, en otros casos, incluyen en ellos información adicional.

Del estudio del valor informativo de los pies de imagen de los gráficos publicados en la literatura científica, se han encargado autores como Agarwal y Yu [19] o Yu, et al. [20], cuyos estudios han demostrado que se trata de una información necesaria para la comprensión de ese contenido. Esto se debe, en buena parte, a que a menudo contienen los resultados más importantes de la investigación [21].

Por su parte, Splendiani [22] sintetiza la información recomendada que deberían incluir para ser lo más informativos posibles en el contexto de un trabajo científico. En este sentido y, atendiendo al ámbito que nos ocupa, destacan aspectos como la identificación de las etiquetas, abreviaturas, unidades de medida o los detalles del análisis estadístico (desviación estándar, valor p...).

*3.1.2 Metodologías para la descripción de gráficos estadísticos.* Las WCAG, no cubren ni ofrecen metodologías o pautas específicas para la elaboración de ninguno de los tipos de alternativas textuales vistas en el punto anterior. Sí existen algunos ejemplos de textos alternativos o descripciones largas en algunos documentos de referencia relacionados con las directrices del W3C [23]. No obstante, tanto en la literatura científica, como fruto del trabajo de diferentes organizaciones, se han venido publicando en los últimos años diversas recomendaciones en este sentido.

Ault, et al. [24] proponen una serie de elementos que debe incluir la alternativa textual de un gráfico de puntos y líneas. En primer lugar, indicar que se trata de un gráfico de líneas; a continuación, describir el eje horizontal, el vertical, las etiquetas y las unidades utilizadas, además de indicar el rango numérico de cada eje; posteriormente, describir la forma de la línea, indicando el punto de inicio, la dirección y el tipo de recorrido (ascendente o descendente); también los puntos y, en el caso de que no los haya, la estimación de sus valores; finalmente, describir el tipo de tendencia. Un proceso que se debe repetir para cada una de las líneas que forman el gráfico, sin olvidar indicar en la descripción si éstas se cruzan en algún punto.

Entre las iniciativas más relevantes relativas a la descripción de gráficos, destacan las directrices del National Center for Accessible Media [25], ampliadas posteriormente por las *Image description guidelines* del DIAGRAM Center [9], que proponen una serie de recomendaciones para gráficos de barras, líneas, gráficos circulares o diagramas de dispersión, entre otros. Las directrices se centran en proporcionar alternativas de texto suficientes. Fundamentalmente, se recomienda acompañarlos de tablas accesibles que contengan los mismos datos. También se recomienda el etiquetado de los ejes, así como acompañarlos de un título y descripción adecuados. Por lo que respecta a los atributos visuales de los gráficos (por ejemplo, los colores), las directrices especifican en todos los casos que no es necesario describirlos siempre y cuando, en el contexto de una prueba o examen, no se haga referencia explícita a ellos.

El mismo DIAGRAM Center desarrolló un asistente para la descripción de algunos de los tipos de gráficos más comunes, de

acuerdo con las directrices elaboradas por el NCAM STEM [25]. En este asistente, se proponen una serie de preguntas sobre el gráfico en relación con su título, los títulos de los ejes, los valores mínimos y máximos, entre otros, hasta llegar a la descripción deseada.

### 3.2 Esquemas sonoros

Diferentes autores han explorado el uso de técnicas relacionadas con la “sonificación”, definida como una técnica de representación de la información a través del sonido, pero en la que se prescinde de la voz [26].

En este sentido, se ha explorado el mapeo de gráficos a tonos musicales [27] y vibraciones [28], el uso de sonidos para comunicar tendencias [29] [30] o la utilización del volumen, el timbre y la posición, para representar aspectos cuantitativos y cualitativos [31] [32]. También se ha analizado la precisión de estas técnicas utilizando diferentes combinaciones de instrumentos [33].

Los esquemas sonoros son una buena alternativa cuando queremos permitir a los usuarios con discapacidad visual observar las formas de una curva. No obstante, su aplicabilidad es más limitada en el caso de ciertos tipos de gráficos como los diagramas de dispersión [34].

Las alternativas basadas en la sonificación, si bien pueden ser beneficiosas para determinados perfiles de usuario como las personas ciegas, muestran una menor utilidad en los casos de los diferentes perfiles de usuario que encontramos bajo el perfil de baja visión.

### 3.3 Alternativas táctiles

Las alternativas táctiles constituyen una alternativa centrada en convertir la información digital en algo tangible, proporcionando un nuevo medio o dimensión que permite y facilita la exploración y análisis de los datos a personas con discapacidad visual.

En relación con este tipo de alternativas, son dos los tipos de gráficos con los que se ha experimentado: gráficos de línea elevada (*raised-line*) y gráficos en relieve (*relief*). Los primeros representan los límites de cada uno de los elementos que forman el gráfico mediante líneas elevadas, mientras que los segundos representan la intensidad o color de los elementos a partir de diferentes alturas [35].

Ladner et al. [36]; Miele y Marston [37] y Watanabe et al. [38] proponen sendas herramientas semiautomatizadas para la conversión de diferentes tipos de gráficos a representaciones táctiles. La primera de las propuestas aborda la concepción teórica de un asistente denominado Tactile Graphics Assistant, encargado de automatizar un flujo de trabajo consistente en la adquisición de la imagen a través de un escáner, su clasificación (ilustración, diagrama, gráfico...), segmentación (bloques de texto y gráficos), el reconocimiento óptico de caracteres, la traducción a Braille, la

simplificación de la imagen, el diseño de la forma y la creación de la versión táctil.

Como se puede observar, las aproximaciones anteriores se basan, en gran medida, en el uso del Braille para representar los gráficos, así como del papel en relieve para las líneas y puntos. No obstante, este tipo de alternativas suponen algunas importantes limitaciones como el hecho de que no todas las personas ciegas o con discapacidad visual conocen el Braille, o la pobre precisión alcanzada con estas técnicas en vistas a representar determinados detalles complejos propios de los gráficos. En el contexto de esta investigación, el uso del Braille tampoco aplica, al tratarse de un sistema de lectura y escritura utilizado, básicamente, por las personas ciegas.

Por otro lado, este tipo de técnicas suponen una importante limitación en la autonomía de las personas al depender de impresoras, software específico y expertos en el uso de unas tecnologías que no están al alcance de todos los públicos, tanto por lo que respecta a su coste, como a las competencias necesarias para utilizarlas.

Otro déficit característico de este tipo de alternativas es el hecho de que el resultado final es una versión estática, sobre la que no se puede o es muy difícil, realizar modificaciones de ningún tipo, y cuya reutilización es también muy limitada. Un déficit solventado, en parte, por otros trabajos que abordan soluciones algo más interactivas [39].

Como en el caso, de los esquemas sonoros, las alternativas táctiles recogidas en la literatura se centran en aportar soluciones a los usuarios ciegos, y no tanto a los diferentes perfiles de baja visión.

### 3.4 Presentaciones multimodales

La interacción multimodal propone al usuario la posibilidad de acceder al contenido mediante una o varias combinaciones basadas en el texto, el sonido o el tacto [40]. Con las presentaciones multimodales se pretende conseguir la accesibilidad de los gráficos para diferentes perfiles de discapacidad mediante la combinación de diferentes tipos de alternativas útiles para cada uno de ellos, constituyendo la que se antoja como la opción más adecuada para conseguir la accesibilidad universal del contenido.

Una buena parte de las alternativas hápticas propuestas en la literatura combinan la generación de alternativas táctiles con la verbalización de información adicional o el uso de esquemas sonoros como solución para mitigar las limitaciones propias de estas soluciones. Algunas propuestas en este ámbito son las de Fritz y Barner [41] que además utilizan una fuente de luz para presentar los ejes y las líneas de cuadrícula de los gráficos; Yu, et al. [42] y Roth, et al. [43] que analizan el uso del soporte de voz junto con la presentación háptica de gráficos; Yu y Brewster [44] que utilizan el habla para proporcionar información acerca de los valores del gráfico; Iglesias, et al. [45] que introducen un entorno virtual que combina señales sonoras y hápticas, a través de una interfaz que permite el acceso a personas con discapacidad visual

a diferentes tipos de mapas y gráficos estadísticos (de líneas, de barras y circulares); McGookin y Brewster [46] que, además del habla, incorporan dispositivos Phantom Omni –pensados para el modelado 3D–, capaces de captar el tacto, junto con el uso de esquemas de color en alto contraste para aquellos usuarios con algún resto de visión; o Doush, et al. [47] que, a partir de los datos en formato Office Open XML extraídos de un documento Excel, identifican las diferentes instancias disponibles (tipo de gráfico, etiquetas, escalas, etc.) y generan una alternativa táctil en tres dimensiones mediante la API de OpenGL, junto con el soporte de voz proporcionado por la API de Microsoft Speech, que utilizan para proporcionar información acerca del gráfico, así como de la posición en la que se encuentra el usuario.

### 3.5 Uso del color

Olson y Brewer [48][49] han ahondado en la selección de esquemas de colores para el diseño de mapas adecuados para personas con VCD. El trabajo de Brewer ha derivado en la creación de una herramienta específica que permite seleccionar diferentes esquemas de colores seguros para personas ceguera al color, pensados para la combinación de hasta nueve categorías distintas [50].

Más allá del trabajo de Brewer, la selección de combinaciones de colores seguras para los diferentes tipos de VCD, también se ha abordado en otros ámbitos como el de la optometría o en el de la interacción persona-ordenador y la visualización de la información [51][52], algunos con finalidades específicas como pueden ser la utilidad del color y otras variables visuales para la consecución de determinadas tareas [53] [54], realizar juicios estadísticos sobre grandes colecciones de datos [55], o lograr alcanzar una percepción más precisa de los datos científicos a través de mapas de colores [56].

De la extracción de información de diferente índole de un gráfico a partir del uso de diferentes tipos de marcas y variables visuales (posición, longitud, ángulo, volumen o color se ocupan Cleveland y McGill's [57]. Un trabajo ampliado en cuanto al uso del color se refiere por Mackinlay [58], con una propuesta que ordena de mayor a menor eficiencia, atributos como el tono, la saturación o la luminosidad, en vistas a comunicar de la manera más eficiente posible diferentes tipos de variables (cuantitativas, ordinales y nominales).

El uso del color puede resultar efectivo como código nominal en vistas a clasificar elementos bajo diferentes categorías. El resto de las alternativas, incluido el uso de escalas de grises resulta mucho menos efectivo [59]. No obstante, deben tenerse en cuenta algunos factores en su selección para asegurar que cualquier persona pueda comprender la información que transmiten. Ware, destaca la distinguibilidad, el contraste suficiente, el tono, evitar combinaciones potencialmente conflictivas para personas con VCD, utilizar un número reducido de colores (entre cinco y diez), aplicarlos en áreas con tamaños suficientes y seguir convenciones culturales universales respecto al significado de cada color. Por otro lado, los experimentos conducidos por Post y Green [60]

relacionados con la denominación de los colores, desvelaron que sólo existen ocho colores más el blanco, que los participantes fueron capaces de nombrar de manera consistente con, al menos, un 75% de fiabilidad, lo que implica que sólo una reducida cantidad de colores pueden ser utilizados para diferenciar categorías de manera efectiva [59].

El uso de patrones y texturas también puede ayudar a los usuarios con baja visión a distinguir las diferentes variables presentes en un gráfico. Una solución que se antoja interesante no sólo para los diferentes perfiles de VCD, sino también como solución para mejorar la accesibilidad contextual del documento, en situaciones como, por ejemplo, ante la imposibilidad de imprimir el gráfico en color.

## 4 Propuestas

Como se ha comentado en apartados anteriores, el uso de gráficos dinámicos interactivos puede salvar las limitaciones propias de los formatos de imagen estáticos que tradicionalmente se utilizan para comunicar gráficos estadísticos. Actualmente, encontramos varias soluciones tecnológicas que dan soporte a su creación. De ellas, destacan dos por su grado de implantación y consolidación en el mercado: Data-Driven Documents (D3) y Highcharts.

D3<sup>2</sup> es una biblioteca de JavaScript basada en el uso de estándares como HTML5, CSS y SVG que, en el contexto de un documento HTML, utiliza funciones en este lenguaje de programación para acceder al DOM, seleccionar elementos HTML, insertar objetos SVG, agregarles información, asignarles estilos, transiciones y otros efectos dinámicos [61]. En cuanto a características relacionadas con la accesibilidad, el hecho de tratarse de elementos nativos del estándar HTML que se insertan en el DOM, les confiere un alto grado de personalización, permitiendo su manipulación en vistas a ofrecer una versión accesible del gráfico. En este sentido, de la comunidad de desarrolladores de D3 han surgido módulos adicionales que permiten aplicar algunas de las posibles soluciones vistas en apartados anteriores. Este es el caso del uso de patrones SVG para rellenar las áreas de los polígonos.<sup>3</sup>

<sup>4</sup>

Highcharts<sup>5</sup> es otro ejemplo de biblioteca de JavaScript orientada a la creación de gráficos estadísticos dinámicos que cumple con alguna de las premisas anteriores. Los datos mediante los cuales se construyen los gráficos con esta biblioteca se almacenan en un fichero JSON que sirve de base también para alimentar diferentes atributos HTML a los que las ayudas técnicas como los lectores de pantalla pueden acceder. En el caso de Highcharts, se utiliza el atributo aria-label, de la ontología WAI-ARIA para añadir este contenido a los gráficos.

Adicionalmente, Highcharts cuenta con un módulo opcional que añade algunas características relacionadas con la accesibilidad

<sup>2</sup> <https://d3js.org>.

<sup>3</sup> <https://riccardoscalco.it/textures>.

<sup>4</sup> [https://iros.github.io/patternfills/sample\\_d3.html](https://iros.github.io/patternfills/sample_d3.html).

<sup>5</sup> <https://www.highcharts.com>.

como el soporte completo para la navegación por los gráficos a través de una interfaz de teclado, mejoras en la compatibilidad con lectores de pantalla y una sección oculta, pero disponible para las ayudas técnicas, con información adicional sobre el contenido -por ejemplo, el resumen o información sobre las series y puntos- y el tipo de gráfico representado.

La biblioteca también ofrece funcionalidades que pueden ser útiles en vistas a mejorar la accesibilidad del contenido a través de los módulos que permiten la exportación del gráfico en diferentes formatos, entre los cuales formatos de imagen de mapa de bits, ficheros CSV o XLS, o la generación automática de tablas HTML dentro de la misma página. En el mismo sentido, otro módulo, permite el uso de tramas de patrones SVG, en cualquier elemento que admita el uso de color.

Finalmente, y, a diferencia de D3, Highcharts cuenta con un servicio en la nube que ofrece un editor visual a través del cual la implementación de este tipo de visualizaciones se democratiza al dejar de ser necesarios conocimientos sobre HTML, CSS o JavaScript. Esta tecnología también se encuentra disponible en forma de módulos para algunos de los principales sistemas de gestión de contenidos del mercado, como WordPress, Squarespace o Drupal, lo que facilita aún más su integración en los sitios web y aplicaciones.

En el siguiente ejemplo disponible en línea,<sup>6</sup> se puede observar un gráfico de línea implementado con Highcharts que incorpora las siguientes características vistas en apartados anteriores: título del gráfico, títulos de los ejes, leyenda, etiquetas de datos, una descripción larga no visible pero disponible para los lectores de pantalla, el uso de colores seguros para los diferentes tipos de VCD y con un contraste suficiente de acuerdo a las WCAG, el uso de diferentes patrones para cada línea, facilitando así su diferenciación en aquellos casos de problemas con el color, la posibilidad de visualizar los mismos datos en formato de tabla y la incorporación de información sobre cada una de las líneas y los puntos de datos del gráfico mediante el atributo aria-label.

## 5 Conclusiones y trabajo futuro

La importancia creciente de los gráficos estadísticos, así como la prevalencia de usuarios con baja visión en la sociedad, obliga a prestar especial atención a la accesibilidad de este tipo de recursos. Mientras que las soluciones planteadas en la literatura se centran en las personas ciegas, existe un déficit importante de trabajos centrados en los diferentes perfiles de baja visión. De las cuatro aproximaciones planteadas por la comunidad científica para abordar la accesibilidad de los gráficos, el trabajo con las alternativas textuales y el buen uso de otros elementos de texto como leyendas, pies de imagen o etiquetas pueden ser beneficiosos para los usuarios con baja visión, debido a las características propias de una morfología de contenido altamente flexible y manipulable que puede ser reproducida por un lector de

pantalla o modificada para adaptarse a las necesidades de tamaño y contraste de cada usuario. También el uso de colores seguros, patrones y texturas se antojan como soluciones efectivas de acuerdo con las necesidades y características de las personas con visión cromática deficiente. Todas estas aproximaciones pueden abordarse sobre la base tecnológica, ya consolidada, de alguna de las bibliotecas de JavaScript existentes para la creación de gráficos estadísticos dinámicos. Una tecnología que, como se ha comentado, ofrece una flexibilidad suficiente para llevar a cabo todas las propuestas anteriormente descritas a partir de personalizaciones o nuevos módulos que presten atención a las necesidades específicas de los diferentes perfiles de usuario con baja visión. En este sentido, la posibilidad de describir de manera más completa la información y función del gráfico mediante WAI-ARIA, la implementación de esquemas de colores seguros, de una colección de tramas de patrones adecuada y, finalmente, la elaboración de unas directrices que contemplen todos estos aspectos, son la principal línea de trabajo futura.

## REFERENCIAS

- [1] Elijah Meeks; Amy Cesal; Mollie Pettit (2019). Introducing the Data Visualization Society. Data Visualization Society. <https://medium.com/data-visualization-society/introducing-the-data-visualization-society-d13d42ab0bec>.
- [2] WebAIM (2013). Low vision, <https://webaim.org/articles/visual/lowvision>.
- [3] American Optometric Association (2019). Color vision deficiency. Glossary of common eye & vision conditions, <https://www.aoa.org/patients-and-public/eye-and-vision-problems/glossary-of-eye-and-vision-conditions/color-deficiency>.
- [4] WHO (2018). Blindness and vision impairment. Fact sheets, <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>.
- [5] Rupert R. A. Bourne (2017). Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis. *Lancet global health*, 5, 888–897, <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S2214-109X%2817%2930293-0>.
- [6] Colour Blindness Awareness (2017). Colour blindness. <http://www.colourblindawareness.org/colour-blindness/>.
- [7] W3C (2019). Understanding success criterion 1.4.11: non-text contrast, <https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/non-text-contrast.html>.
- [8] W3C (2016). H37: using alt attributes on img elements, <https://www.w3.org/TR/WCAG20-TECHS/H37.html>.
- [9] DIAGRAM Center (2015). Image description guidelines, <http://diagramcenter.org/table-of-contents-2.html>.
- [10] W3C (2016). H45: using longdesc, <https://www.w3.org/TR/WCAG20-TECHS/H45.html>.
- [11] WebAIM (2009). Screen reader user survey #2 results, <https://webaim.org/projects/screenreadersurvey2/>.
- [12] WebAIM (2015). Screen reader user survey #6 results, <https://webaim.org/projects/screenreadersurvey6/>.
- [13] Mark Pilgrim (2007). The longdesc lottery. The WHATWG blog, <https://blog.whatwg.org/the-longdesc-lottery>.
- [14] Ted Gies (2018). The ScienceDirect accessibility journey: a case study. *Learned publishing*. 31(1), 69–76.
- [15] Manuel Fera (2010). Consejos para la confección de gráficos científicos. Cuadernos de la Fundación Dr. Antonio Esteve. 20, 45–56.
- [16] W3C (2018). WAI-ARIA graphics module: W3C recommendation 02 October 2018, <https://www.w3.org/TR/graphics-aria-1.0/>.
- [17] W3C (2015). SVG Accessibility/ARIA roles for charts, [https://www.w3.org/wiki/SVG\\_Accessibility/ARIA\\_roles\\_for\\_charts](https://www.w3.org/wiki/SVG_Accessibility/ARIA_roles_for_charts).
- [18] Martin Rotard; Kerstin Otte; Thomas Ertl (2010). Exploring Scalable Vector Graphics for visually impaired users. *International Conference on Computers for Handicapped Persons*, 725–730.
- [19] Shashank Agarwal; Hong Yu (2009). FigSum: automatically generating structured text summaries for figures in biomedical literature. *Proceedings of the 2009 Annual Symposium of the American Medical Information Association (AMIA)*. American Medical Information Association, San Francisco, CA, 6–10.
- [20] Hong Yu; et al. (2009). Are figure legends sufficient? evaluating the contribution of associated text to biomedical figure comprehension. *Journal of*

<sup>6</sup> <http://rubenalcaraz.es/graficos/grafico-lineas.html>.



- biomedical discovery and collaboration. 4(1). DOI: <https://dx.doi.org/10.1186%2F1747-5333-4-1>.
- [21] William W. Cohen; Richard Wang; Robert F. Murphy (2003). Understanding captions in biomedical publications. Proceedings of the ninth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 499–504.
- [22] Bruno Splendiani (2015). A proposal for the inclusion of accessibility criteria in the authoring workflow of images for scientific articles. Tesis de doctorado. Universitat de Barcelona, Facultat de Biblioteconomia i Documentació, <http://hdl.handle.net/10803/386242>.
- [23] W3C (2016). G73: Providing a long description in another location with a link to it that is immediately adjacent to the non-text content, <https://www.w3.org/TR/WCAG20-TECHS/G73.html>.
- [24] H. K. Ault; et al. (2002). Evaluation of long descriptions of statistical graphics for blind and low vision web users. Klaus Miesenberger; Joachim Klaus; Wolfgang Zagler, (Eds.). 8th International Conference, ICCHP 2002, 517–526.
- [25] Bryan Gould; Trisha O'Connell; Geoff Freed (2008). Effective practices for description of science content within digital talking books. Guidelines for Describing STEM Images. WGBH National Center for Accessible Media, WGBH Educational Foundation, Boston, MA, [http://ncam.wgbh.org/experience\\_learn/educational\\_media/stemdx](http://ncam.wgbh.org/experience_learn/educational_media/stemdx).
- [26] Gregory Kramer (Ed.). 1994. *Auditory display: sonification, audification, and auditory interfaces*. Addison-Wesley, Reading, MA.
- [27] Robert F. Cohen; et al. (2005). PLUMB: displaying graphs to the blind using an active auditory interface. Proceedings of the 7th international ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, 182–183.
- [28] Tatiana G. Evreinova; et al. (2008). Non-visual interaction with graphs assisted with directional-predictive sounds and vibrations: a comparative study. Universal access in the information society, 7(1–2), 93–102. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10209-007-0105-9>.
- [29] James L. Alty; Dimitrios Rigas (2005). Exploring the use of structured musical stimuli to communicate simple diagrams: the role of context. International journal of human-computer studies. 62(1), 21–40.
- [30] Bruce N. Walker; Michael A. Nees (2005). An agenda for research and development of multimodal graphs. Proceedings of ICAD 05-Eleventh Meeting of the International Conference on Auditory Display, Limerick, Ireland, [http://sonify.psych.gatech.edu/ags2005/pdf/AGS05\\_WalkerNees.pdf](http://sonify.psych.gatech.edu/ags2005/pdf/AGS05_WalkerNees.pdf).
- [31] K. M. Franklin; J. C. Roberts (2003). Pie chart sonification. Proceedings on Seventh International Conference on Information Visualization. IEEE, Los Alamitos, CA, 4–9. DOI:10.1109/IV.2003.1217949.
- [32] Jutta Trevisanus; Jess Mitchell; Colin Clark (2018). Sonification, Floe: the inclusive learning design handbook, <https://handbook.floeproject.org/Sonification.html>.
- [33] Lorna M. Brown; Stephen A. Brewster (2003). Drawing by ear: interpreting sonified line graphs. Proceedings of the 2003 International Conference on Auditory Display. ICAD, Boston, MA, 152–156, <http://icad.org/Proceedings/2003/BrownBrewster2003a.pdf>.
- [34] Iyad Abu Doush; et al. (2009). Making Microsoft Excel™ accessible: multimodal presentation of charts. Proceedings of the 11th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility. ACM, New York, NY, 147–154.
- [35] S. Krufka; K. Barner (2006). A user study on tactile graphic generation methods. Behaviour and information technology. 25(4), 297–311.
- [36] Richard E. Ladner, et al. (2005). Automating tactile graphics translation. Assets '05 Proceedings of the 7th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility. ACM, New York, NY, 150–157.
- [37] J. A. Miele; J. Marston (2005). Tactile map automated production (TMAP): project update and research summary. CSUN International Technology and Persons with Disabilities Conference, 14–19.
- [38] Tetsuya Watanabe; et al. (2014). Tactile map automated creation system using OpenStreetMap. Klaus Miesenberger; et al. International Conference on Computers for Handicapped Persons, ICCHP 2014. Computers helping people with special needs. Springer, London, 42–49.
- [39] Valerie S. Morash; et al. (2017). Evaluating approaches to rendering Braille text on a high-density pin display. IEEE transactions on haptics, 11(3).
- [40] Georgios Kouroupetroulou and Dimitrios Tsonos (2008). Multimodal accessibility of documents, Advances in Human-Computer Interaction. I-Tech Education and Publishing, Vienna, 451–470. DOI: 10.5772/5916.
- [41] Jason P. Fritz; Kenneth, E. Barner (1999). Design of a haptic data visualization system for people with visual impairments. IEEE Transactions on rehabilitation engineering, 7(3), 372–384.
- [42] Wai Yu; et al. (2000). Haptic graphs for blind computer users. Workshop on Haptic HCI, 41–51, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.32.4689&rep=rep1&type=pdf>.
- [43] Patrick Roth; Hesham Kamel; Lori Stefano Petrucci; Thierry Pun (2002). A comparison of three nonvisual methods for presenting scientific graphs. Journal of visual impairment and blindness. 96(6), 420–428, <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:47498>.
- [44] Wai Yu; Stephen Brewster (2003). Evaluation of multimodal graphs for blind people. Universal access in the information society. 2(2), 105–124. <https://doi.org/10.1007/s10209-002-0042-6>.
- [45] R. Iglesias; et al. (2004). Computer graphics access for blind people through a haptic and audio virtual environment. Proceedings. Second International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing, 13–18. DOI: 10.1109/HAVE.2004.1391874.
- [46] D. K. McGookin; S. A. Brewster (2006). Soundbar: exploiting multiple views in multimodal graph browsing. 4th Nordic Conference on Human-Computer Interaction, 145–154.
- [47] Iyad Abu Doush; et al. (2009). Making Microsoft Excel™ accessible: multimodal presentation of charts. Proceedings of the 11th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility, ACM, New York, NY, 147–154.
- [48] Judy M. Olson; Cynthia A. Brewer (1997). An evaluation of color selections to accommodate map users with color-vision impairments. Annals of the Association of American Geographers, 87(1), 103–134.
- [49] Cynthia A. Brewer (2016). Designing better maps: a guide for GIS users. 2nd ed. ESRI Press, Redlands (Calif.).
- [50] Cynthia A. Brewer; Mark Harrower (2013). *ColorBrewer 2.0: color advice for cartography*. Pennsylvania State University, <http://colorbrewer2.org>.
- [51] Maria Culp Gretchen (2012). Increasing accessibility for map readers with acquired and inherited colour vision deficiencies: a re-colouring algorithm for maps". The cartographic journal. 49(4), 302–311.
- [52] Danielle Albers Szafir (2018). Modeling color difference for visualization design. IEEE transactions on visualization and computer graphics. 24(1), 392–399.
- [53] Danielle Albers; Michael Correll; Michael Gleicher (2014). Task-driven evaluation of aggregation in time series visualization. Proceedings of the 32nd annual ACM conference on Human factors in Computing Systems, 551–560.
- [54] Muhammad Adnan; Mike Just; Lynne Baillie (2016). Investigating time series visualizations to improve the user experience. Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 5444–5455.
- [55] Michael Correll; Danielle Albers; Steve Franconeri (2012). Comparing averages in time series data. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1095–1104.
- [56] Jamie R. Nuñez; Christopher R. Anderton; Ryan S. Renslow (2018). Optimizing colormaps with consideration for color vision deficiency to enable accurate interpretation of scientific data. PLOS one. 13(7). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199239>.
- [57] William S. Cleveland; Robert McGill (1984). Graphical perception: theory, experimentation, and application to the development of graphical methods. Journal of the American Statistical Association. 79(387), 531–554.
- [58] J. Mackinlay (1986). Automating the design of graphical presentations of relational information. ACM Transactions on Graphics (TOG), 5, 110–141.
- [59] Colin Ware (2012). *Information visualization: perception for design*. 3rd ed. Elsevier: Morgan Kaufman, Amsterdam.
- [60] D. L. Post; E. A. Greene (1986). Color name boundaries for equally bright stimuli on a CRT: phase I. Society for Information Display, digest of technical papers, 86, 70–73.
- [61] Michael Bostock, Vadim Ogievetsky and Jeffrey Heer (2011). D3: Data-Driven Documents. IEEE Trans. Visualization & Comp. Graphics (Proc. InfoVis), <http://vis.stanford.edu/files/2011-D3-InfoVis.pdf>

**Propuesta y evolución multidimensional de una metáfora visual para facilitar el aprendizaje de la programación**

Santiago Schez-Sobrino, Maria De Los Ángeles García, Cristian Gómez, Carlos Glez-Morcillo, David Vallejo, Javier Alonso Albusac and Miguel Ángel Redondo.

**Abstract:** Computer programming is a complex task and a challenge for students who are starting to take an interest in it. Specifically, students in the first year of the Bachelor of Engineering in Computer Science show certain difficulties in understanding programming concepts due to the high level of abstraction required for their learning. This process of learning programming can be facilitated by graphical representations that allow the student to establish analogies between the concepts it seeks to understand and other elements of the real world. The current literature proposes certain approaches that provide different alternatives to visualize programs and algorithms, either statically, showing their structure, or dynamically, showing their execution. Some of these approaches limit the potential of visualization by focusing on showing the source code of programs over a virtual world; others try to explain specific concepts of programming in isolation, causing the student to lose the context of the entire program. This work introduces the proposal and evolution of a new set of graphic representations towards a 3D environment of augmented reality, based on the metaphor of roads and traffic signs, and which aims to facilitate the learning of programming to beginner students. The visualizations generated from these graphical representations can be constructed automatically thanks to their modular design and used by teachers in order to explain programming concepts during master classes. The proposal has been evaluated with students in order to validate whether the proposed notation is appropriate to represent the concepts it tries to abstract and easy for students to understand.

Notes/Notas:

# Propuesta y evolución multidimensional de una metáfora visual para facilitar el aprendizaje de la programación

Santiago Schez-Sobrino  
Escuela Superior de Informática  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Ciudad Real (España)  
Santiago.Sanchez@uclm.es

María Á. García  
Escuela Superior de Informática  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Ciudad Real (España)  
MariaAngeles.GMarin@uclm.es

Cristian Gómez  
Escuela Superior de Informática  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Ciudad Real (España)  
Cristian.Gomez@uclm.es

Carlos González  
Escuela Superior de Informática  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Ciudad Real (España)  
Carlos.Gonzalez@uclm.es

David Vallejo  
Escuela Superior de Informática  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Ciudad Real (España)  
David.Vallejo@uclm.es

Javier A. Albusac  
Escuela Superior de Informática  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Ciudad Real (España)  
JavierAlonso.Albusac@uclm.es

Miguel Á. Redondo  
Escuela Superior de Informática  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Ciudad Real (España)  
Miguel.Redondo@uclm.es

“”

Computer programming is a complex task and a challenge for students who are starting to take an interest in it. Specifically, students in the first year of the Bachelor of Engineering in Computer Science show certain difficulties in understanding programming concepts due to the high level of abstraction required for their learning. This process of learning programming can be facilitated by graphical representations that allow the student to establish analogies between the concepts it seeks to understand and other elements of the real world. The current literature proposes certain approaches that provide different alternatives to visualize programs and algorithms, either statically, showing their structure, or dynamically, showing their execution. Some of these approaches limit the potential of visualization by focusing on showing the source code of programs over a virtual world; others try to explain specific concepts of programming in isolation, causing the student to lose the context of the entire program. This work introduces the proposal and evolution of a new set of graphic representations towards a 7D environment of augmented reality, based on the metaphor of roads and traffic signs, and which aims to facilitate the learning of programming to beginner students. The visualizations generated from these graphical representations can be constructed automatically thanks to their modular design and used by teachers in order to explain programming concepts during master classes. The proposal has been evaluated with students in order to validate whether the proposed notation is appropriate to represent the concepts it tries to abstract and easy for students to understand.

“”

## CEPTS

- Social and professional topics~Computer science education
- Applied computing~Interactive learning

environments • Human-centered computing~Mixed ; augmented reality

“”

Program visualization, algorithm visualization, programming learning, augmented reality, metaphors.

## & Introducción

La programación es una de las disciplinas que más importancia están tomando en la actualidad. Según el portal de empleo GlassDoor [1], los últimos informes de 2018 revelan que De los 25 mejores puestos de trabajo en EEUU requerían conocimientos de programación. Para 2026, se estima que el 58% de los empleos en campos de ciencias, ingeniería, matemáticas y tecnologías de la información STEM, por sus siglas en inglés) requerirán conocimientos de programación [2]. Sin embargo, sólo el 10% de los graduados en esas áreas lo hace en ciencias de la computación [3]. Existe, por tanto, una necesidad de aumentar el número de graduados en disciplinas que involucren conocimientos de programación para cubrir la demanda actual.

El aprendizaje de la programación plantea múltiples dificultades a los estudiantes que se inician en ella. Entre las principales destacan el uso de variables, la utilización de estructuras de control para definir el flujo de ejecución, la corrección de errores de sintaxis, la modularización de código mediante funciones y el funcionamiento de listas o *arrays*, entre otros [4]. Muchas dificultades atienden a diversas razones, por ejemplo, gran parte de estos contenidos supone a los estudiantes un nivel de abstracción que aún no poseen, no consiguen entender el efecto real que producen en la ejecución los cambios en el código fuente, no logran expresar las soluciones a los problemas con un lenguaje de programación, entre otros. Este proceso de

aprendizaje puede mejorarse al emplear abstracciones que faciliten la comprensión de dichos conceptos de programación mediante el uso de representaciones gráficas que sirvan para visualizar la estructura y el comportamiento de los programas y algoritmos.

Las ventajas que aporta el uso de visualizaciones 2D al proceso de aprendizaje son numerosas, afectando positivamente a la motivación [5,6] y participación en clase [7] de los estudiantes, y a la comprensión de conceptos de programación. Por otra parte, las visualizaciones basadas en representaciones gráficas 3D pueden aportar ciertos beneficios al usuario, por ejemplo, aprovechar las capacidades de memoria espacial del estudiante para comprender y ayudar a recordar la estructura de los programas [10], o mostrar una mayor cantidad de información del programa [11]. Haciendo uso de este espacio tridimensional podemos emplear técnicas de realidad aumentada para visualizar los programas y algoritmos de una forma más natural, resultando así en una experiencia más enriquecedora para el estudiante al mejorar las capacidades de interacción, el rendimiento del aprendizaje, la motivación y la colaboración [12,13].

Para facilitar la comprensión de los conceptos de programación, podemos establecer una relación entre el concepto a explicar y otro concepto ya conocido, o menos abstracto, sobre el que apoyar dicha explicación. Así, se establece una metáfora que permite relacionar dos conceptos para facilitar la explicación de uno de ellos [14]. Al extender este enfoque hacia el campo de las representaciones gráficas, obtenemos metáforas visuales que relacionan conceptos con contenido gráfico.

Basándonos en la idea de metáfora para facilitar el proceso de aprendizaje, el objetivo de este trabajo es presentar el diseño de un conjunto de representaciones gráficas basadas en una metáfora de carreteras y señales de tráfico. Estos diseños vienen acompañados de su evolución, justificada mediante diversas evaluaciones llevadas a cabo con estudiantes de Grado en Ingeniería Informática. Además, también se introducirá el uso de este conjunto de representaciones gráficas en diferentes contextos, presentes en entornos reales de aprendizaje de la programación.

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera. En la Sección 2 se introducen algunas representaciones gráficas utilizadas también en el contexto de la programación. La Sección 3 se enfoca en la propuesta de este trabajo, presentando la metáfora de carreteras y señales de tráfico junto a su evolución. En la Sección 4 se presentan algunos casos de uso que los estudiantes pueden encontrarse en el mundo real. Finalmente, en la Sección 5, se sugieren algunas líneas de trabajo futuro relacionadas con los casos de uso y se extraen algunas conclusiones finales.

## ( Trabajo relacionado

Myers [15] distingue en su taxonomía entre programación visual y visualización de programas. La primera se basa en la creación de programas mediante técnicas de representación gráfica. La segunda, en la representación de programas mediante elementos

gráficos para detallar algún aspecto del programa o de su ejecución. En este último caso, se establece una clasificación de acuerdo con la información representada y su naturaleza, la cual puede ser estática o dinámica en función de si se muestra o no de forma animada la ejecución del programa, respectivamente. Atendiendo a esta clasificación, existen varias metáforas utilizadas para representar gráficamente la visualización de programas y algoritmos de forma dinámica. En [16] se utiliza una metáfora basada en ciudades para representar gráficamente el comportamiento concurrente de los programas. Del mismo modo, en [17], se emplea esa misma metáfora para mostrar las clases involucradas en la ejecución del programa. En esta línea se muestra en [18] una aplicación que emplea técnicas de gamificación para plantear puzzles donde se tratan algunos elementos de los lenguajes de programación en forma de plantas y su crecimiento, como bucles e iteraciones. Otro conjunto de metáforas son las presentadas en [19], donde se utilizan elementos como talleres y mesas de trabajo para representar dinámicamente conceptos del paradigma de la programación orientada a objetos. También, aunque de forma más abstracta, en [20] se propone un sistema que facilita la comprensión de conceptos de programación concurrente a través de personajes y cajas 3D.

La literatura que evalúa la efectividad de usar visualizaciones de programas y algoritmos en el aprendizaje de la programación presenta resultados obtenidos de pruebas y experimentos a favor y en contra. Entre las publicaciones a favor destacan los resultados obtenidos en [8,21,22], donde se realizaron distintas pruebas con estudiantes que demostraron una mejor comprensión de los algoritmos propuestos y de otros elementos de los lenguajes de programación. Por el contrario, los resultados mostrados en [5,23] ofrecen una visión menos positiva donde se pone en valor la forma en que se usa la visualización, en lugar de la calidad de ésta, y especialmente la dificultad para el profesor de crearlas y mantener a los estudiantes interesados en ellas durante las clases.

Además de seleccionar metáforas apropiadas, las herramientas que permiten visualizarlas e interactuar con ellas resultan igualmente importantes. En [24] se realizaron algunos experimentos con estudiantes, con el fin de descubrir las dificultades que estos tenían para comprender problemas de programación recursiva, concluyendo que utilizar herramientas que permitan visualizar el comportamiento del programa de forma dinámica les ayuda a resolver mejor los ejercicios. De igual forma, en [25] se realiza una revisión de otras herramientas similares que emplean visualizaciones para facilitar la enseñanza de la programación con resultados satisfactorios.

Por otra parte, la efectividad de las visualizaciones puede mejorarse utilizando técnicas de RA, tal y como se presenta en [12], donde se concluyen algunos beneficios que pueden aportar al proceso de aprendizaje de la programación como mejoras en el aprendizaje, aumento de la motivación y facilidad para interactuar con las propias visualizaciones y colaborar con otros estudiantes. Un ejemplo de esto sería el mostrado en [26], donde se utilizan marcadores impresos para enseñar conceptos de programación gráfica utilizando RA y la especificación OpenGL para renderizado de gráficos 3D, o el mostrado en [27], donde se evaluó dicho sistema con estudiantes obteniendo resultados favorables al involucrar a los estudiantes en las tareas de aprendizaje con el fin de aumentar su motivación.

<sup>?</sup> Visualización de contenido 3D sobre el mundo físico, alineada con éste e interactiva en tiempo real.

La característica diferencial del enfoque presentado en este trabajo pasa por utilizar una visualización flexible y escalable, que sea fácil de comprender y que pueda ser generada de forma automática y transparente para el usuario. Además, debería mantener un equilibrio entre la cantidad de código fuente mostrado a través de la visualización, con el fin de que las representaciones gráficas mantengan la atención de los estudiantes durante el aprendizaje.

### \* Propuesta de metáfora para el aprendizaje de la programación

La metáfora definida en este trabajo pretende facilitar el aprendizaje de la programación a estudiantes que están aprendiendo a programar, es decir, aquellos que aún no poseen los conocimientos necesarios para resolver problemas de programación, en principio, con lenguaje Java. De esta forma, la metáfora establece una analogía entre conceptos del mundo real y otros del ámbito de la programación, que reduzca el nivel de abstracción que los estudiantes necesitan para comprender los programas y algoritmos. Concretamente, la analogía utilizada define una notación de carreteras y señales de tráfico que representa la estructura y sentencias que definen el programa, junto a un vehículo que simula circular por dicha estructura ejecutando esas mismas sentencias. Los alumnos que empiezan estudios superiores relacionados con la programación suelen ser estudiantes que acaban de alcanzar la mayoría de edad y están en situación de obtener la licencia de conducir. \* e esta forma, pueden encontrar motivadora la metáfora propuesta al incluirse elementos de tráfico en ella.

### \*+& Visualización 2D

La metáfora de carreteras y señales de tráfico se ha definido a partir de una revisión de trabajos previos y de una evaluación de diferentes diseños recibidos de 13 alumnos y profesores, basados en elementos de los diagramas de flujo y otros conceptos como cajas, espirales y árboles, entre otros.

Las representaciones gráficas seleccionadas establecen una relación de correspondencia con las sentencias del lenguaje de programación Java, definiendo el conjunto mínimo de sentencias necesario para construir cualquier tipo de programa. El lenguaje de programación Java ha sido tomado como referencia para la definición de dichas sentencias por ser uno de los más usados en la educación e industria [28]. Estas representaciones gráficas se agrupan en un conjunto más amplio de representaciones con el fin de definir un programa completo al que se ha denominado visualización. Así, la metáfora puede ser usada para mostrar el conjunto de representaciones gráficas de forma estática (visualización de la estructura) y dinámica (visualización de la ejecución) de los programas, atendiendo a la taxonomía definida por Myers [15].

En la Figura 2 se muestra el conjunto de representaciones gráficas que pueden definir una visualización, diseñado para las expresiones condicionales, bucles, definición de funciones, retorno de funciones y evaluación de expresiones. Cada una de estas representaciones gráficas proporciona una abstracción visual con información sobre la sentencia del lenguaje de programación representada:

- Definición de función (Figura 1a). (porta información sobre el nombre de la función, sus parámetros y el tipo de dato que devuelve. Todas las visualizaciones construidas deben comenzar con esta representación gráfica.
- Bucles (Figura 1b). (portan información sobre la condición de entrada al bucle, que en caso de cumplirse, se pasaría el flujo de ejecución a la carretera de la parte derecha de la representación gráfica, la cual puede mantener cualquier otro tipo de sentencias. En caso contrario, se abandonaría el bucle por la carretera de la parte izquierda, siguiendo el sentido de las flechas. La metáfora empleada en esta representación gráfica es similar al concepto de rotonda, donde se ejecutarán las sentencias indefinidamente hasta que no se cumpla la condición indicada.
- Expresiones condicionales (Figura 1c). (portan información sobre la condición, que definirá el nuevo flujo de ejecución que seguirá el programa hacia la parte izquierda o derecha, en caso de cumplirse o no la condición inicial, respectivamente. Esta metáfora refleja la ejecución de una única de las alternativas disponibles.
- Retorno de funciones (Figura 1d). (porta información sobre el nombre de la función que se abandona, junto a una caja que representa la variable devuelta. Esta caja pretende ilustrar el concepto de variable como un contenedor de valores, la cual puede ser obtenida a partir de cualquier expresión correcta

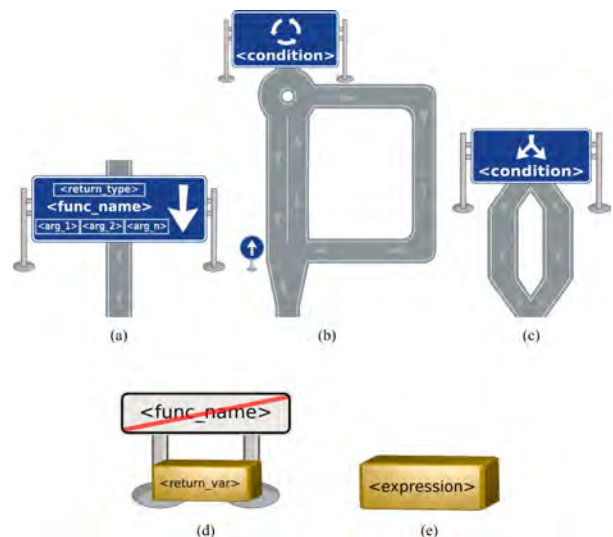


Figura 2. Conjunto de representaciones gráficas utilizadas para definir la metáfora de carreteras y señales de tráfico; (a) definición de función, (b) bucles, (c) expresiones condicionales, (d) retorno de función y (e) evaluación de expresiones.

- Evaluación de expresiones (Figura 1e). ( porta información sobre la transcripción literal de la expresión que está siendo evaluada, por ejemplo, una asignación o invocación a función. Igual que en la sentencia de retorno de función, se repite la caja como ~ etáfora utilizada para representar la variable tratada.

Las decisiones de diseño contempladas en las representaciones gráficas an sido inspiradas por las propuestas realizadas durante la QConvención de +iena sobre Señalización Vial”, en 1968 [29], adoptadas internacionalmente por la mayoría de países. Esto permite a los estudiantes deducir el significado de las representaciones gráficas, al encontrarse ya familiarizados en su día a día con la notación de la 4ue estamos rodeados, sobre todo en el caso de aquellos que se encuentren en proceso de obtención de la licencia de conducir.

**\*+&+&Evaluación y evolución de la notación 2D**

Las representaciones gráficas AD fueron evaluadas con alumnos de primer curso de Grado en Ingeniería Informática n = 63), a través de un experimento de 50 minutos de duración en el que los estudiantes tenían que realizar dos tareas de transcripción de visualizaciones a pseudocódigo o lenguaje -ava de los algoritmos representados en la notación propuesta. ¿ a primera tarea debía de ser resuelta sin ningún tipo de ayuda que explicara lo que significaban las representaciones gráficas, mientras que en la segunda tarea se les proporcionaba una leyenda con los significados. De esta forma, se intentaba demostrar de forma objetiva que los estudiantes entendían realmente el significado de la notación. ( demás, los estudiantes realizaron un pre-test con preguntas sobre sus conocimientos de programación, 1 un pos-test con preguntas que ~ edían las dimensiones de comprensión y adecuación de cada una de las representaciones gráficas propuestas. En ambos tests, las preguntas debían ser respondidas en una escala de ¿ ikert de 5 puntos, con el fin de obtener una valoración subjetiva de la notación por parte de los alumnos. Los resultados obtenidos a partir de la evaluación de las transcripciones coincidieron en ambas tareas, validando objetivamente las dimensiones de adecuación y comprensión, que coincidían con los resultados obtenidos de forma subjetiva mediante los tests.

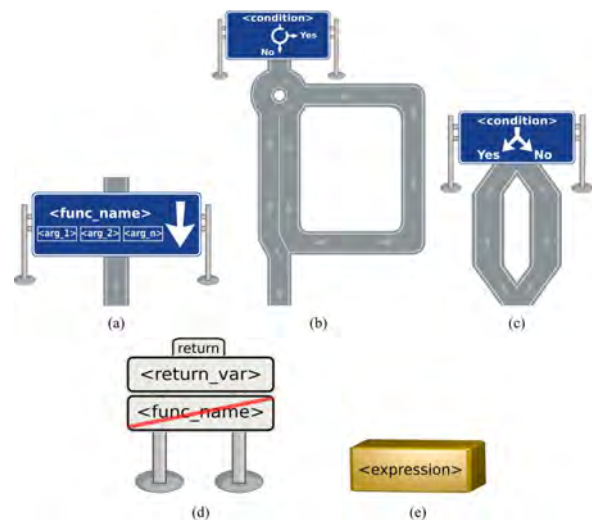
En las tablas Tabla 1 y Tabla 2 se ~ uestran los valores para las medias 1 desviaciones típicas de los resultados obtenidos a partir de los pos-tests para las dimensiones de comprensión y adecuación, respectivamente. A partir de estos datos se pueden observar unos ~ alores ~ edios superiores a 7 en todas las representaciones gráficas, denotando por tanto una valoración positiva de estas en ambas dimensiones. Los valores para la desviación típica indican que existe dispersión entre los resultados obtenidos. Esto se concluye también en la ~ ariedad de comentarios de retroalimentación recibidos tras la prueba, los cuales fueron considerados para dar lugar a una serie de mejoras sobre las representaciones gráficas ver Figura 2), simplificándolas al eliminar la información sobre tipos de datos a), añadir nuevas etiquetas de texto b, c, d) e introducir algunos cambios en los diseños que facilitarían su comprensión (a, b, c, d).

" OMPRENSIÓN					
	Def. de función	Bucles	Expresiones condicionales	Retorno funciones	Evaluación expresiones
$\mu$	3,45	1,11	3,83	7,96	3,85
$\sigma$	1,01	B,95	1,04	? ,12	1,05

**Tabla &., alores de la media y desviación típica obtenidos a partir de las preguntas del pos-test que median la dimensión de «comprensión».**

( DECUACIÓN					
	Def. de función	Bucles	Expresiones condicionales	Retorno funciones	Evaluación expresiones
$\mu$	3,45	1,04	3,69	3,89	3,86
$\sigma$	1,03	B,95	1,08	? ,09	1,11

**Tabla (. , alores de la media y desviación típica obtenidos a partir de las preguntas del pos-test que median la dimensión de «adecuación».**



**Figura (. Conjunto de representaciones gráficas mejoradas tras a primera evaluación de la notación; (a) definición de función, 1)2 bucles, 1c) expresiones condicionales, 1d) retorno de función y (e) evaluación de expresiones.**

**\*+( Visualización 3D y realidad aumentada**

La utilización de una representación tridimensional para ~ ostrar la ~ visualización de la notación puede ~ ejaorar las capacidades gráficas de la ~ etáfora al aumentar la cantidad de información ~ ostrada, facilitar su disposición en el espacio y ~ ejaorar el realismo que conlleva la propia analogía con los elementos físicos que representa. <or ello, y con el fin de aprovechar dichas ventajas, se optó por una representación 7\* que facilitara adem~ s su inclusión en un entorno inmersivo de ~ A, proporcionando una interacción más natural entre el usuario 1 la visualización, así como otras ~ ejaoras en el aprendizaje, la ~ otivación y la atención de los estudiantes [12].

Así, se realizó una propuesta de evolución a 3D de la notación a partir de los diseños bidimensionales ya presentados (ver Mgrua 3). La propuesta pretende mantener las decisiones de diseño



**Figura 4.** Representaciones gráficas de la metáfora de carreteras y señales de tráfico trasladadas a un espacio proyectado ortogonalmente; (a) definición de función, (b) sentencia de bucle, (c) sentencia de condición, (d) retorno de función y (e) evaluación de expresiones. El contenido de las señales de tráfico es mostrados en ambos lados de la señal.

tomadas tras la evaluación de la notación 2D, pero representadas en un espacio tridimensional.

Estas representaciones 3D pueden ser visualizadas a través de superficies bidimensionales, como una pantalla, o a través de un dispositivo de RA. En el primer caso se contempla la posibilidad de conmutar con los diseños 2D, debido a las dificultades que surgen a la hora de interactuar con una representación 3D utilizando los dispositivos físicos clásicos (p.ej., teclado y ratón) para rotar o ampliar la visualización. Mediante una visualización a través de un dispositivo de RA estos mecanismos de interacción se vuelven más naturales, al utilizar la propia posición y orientación del usuario de forma intrínseca, u otras formas de interacción a través de gestos y voz de forma extrínseca.

A nivel experimental, de entre los dispositivos de RA actuales, se ha seleccionado el de Microsoft HoloLens™ por sus amplias capacidades que ofrece para mostrar e interactuar con la visualización, así como otras facilidades para reconstruir virtualmente el entorno real donde se encuentra el usuario, utilizado para facilitar el posicionamiento de la visualización en el espacio. Con esta forma, podemos investigar sus aportaciones en una mayor medida.

Atendiendo a uno de los objetivos iniciales de la propuesta, la visualización 3D de un programa es construida de forma automática a partir de su código fuente, generada tras componer los diseños presentados atendiendo al orden de aparición de las sentencias en el código fuente. Esta generación automática se encuentra implementada actualmente como un plug-in sobre COLLECE A#B [30,31], un sistema colaborativo y distribuido para el aprendizaje de la programación sobre el entorno de desarrollo Eclipse, planteado como una evolución completa de una versión anterior [32].

Aprovechando la infraestructura de COLLECE 2.0, el plug-in de visualización extrae la información relevante del código fuente del programa a partir de su árbol de sintaxis abstracta (AST, por sus siglas en inglés) y la convierte a un formato de intercambio fácilmente interpretable por el dispositivo de RA, el cual se encarga de mostrar la visualización completa tras su análisis. El usuario puede entonces interactuar con la visualización mediante comandos de voz u gestos para manipular su tamaño, rotación y

posición, así como la posibilidad de realizar otros ajustes visuales para activar las sombras o las superficies físicas reconocidas por el dispositivo de RA. Asimismo, algunas de las representaciones gráficas son interactivas con el fin de poder añadirles cierto comportamiento, por ejemplo, abrir las cajas para mostrar una vista ampliada de las expresiones o identificar el concepto que representa cada una de las representaciones gráficas mediante mensajes de texto flotantes sobre ellas.

#### 4.3 Mejoras y cambios de los modelos 3D

Al igual que ocurrió con los diseños bidimensionales, las representaciones gráficas 3D también fueron sometidas a una prueba piloto con una pequeña muestra de alumnos (n = 10) de primer curso de Grado en Ingeniería Informática. Este experimento fue realizado con el fin de obtener una opinión retroalimentación que permitiera validar los nuevos diseños en un entorno inmersivo de RA.

El experimento se realizó siguiendo el mismo proceso que para la evaluación de la notación 2D. Así, se llevó a cabo una primera fase en la que los estudiantes tenían que resolver dos tareas de transcripción de programas a pseudocódigo o lenguaje Java con el fin de evaluar de forma objetiva la adecuación y facilidad de comprensión de la notación. En este caso, las transcripciones se realizaron a partir de las visualizaciones 3D mostradas a través del dispositivo de RA. En una segunda fase, se realizó la evaluación de cada una de las representaciones gráficas, valorando las dimensiones nombradas en una escala de Likert de 5 puntos para establecer una relación entre la evaluación objetiva y subjetiva.

Los resultados de los tests fueron positivos, así como las transcripciones realizadas por los estudiantes de las visualizaciones propuestas. Sin embargo, algunos de los comentarios posteriores hacían referencia al concepto de evaluación de expresión representado gráficamente por una caja de cartón sobre la carretera (al no entender la relación de las cajas con el resto de la metáfora de carreteras y señales de tráfico). Así, se ha considerado una alternativa que contemplara otro diseño más adaptado a la metáfora e integrado con el resto de representaciones gráficas. Como consecuencia, se optó por un diseño basado en túneles de carretera (ver Figura 4), donde la expresión que se evalúa es trasladada a una señal de tráfico sobre el propio túnel. Con esta metáfora representaría entonces la entrada al

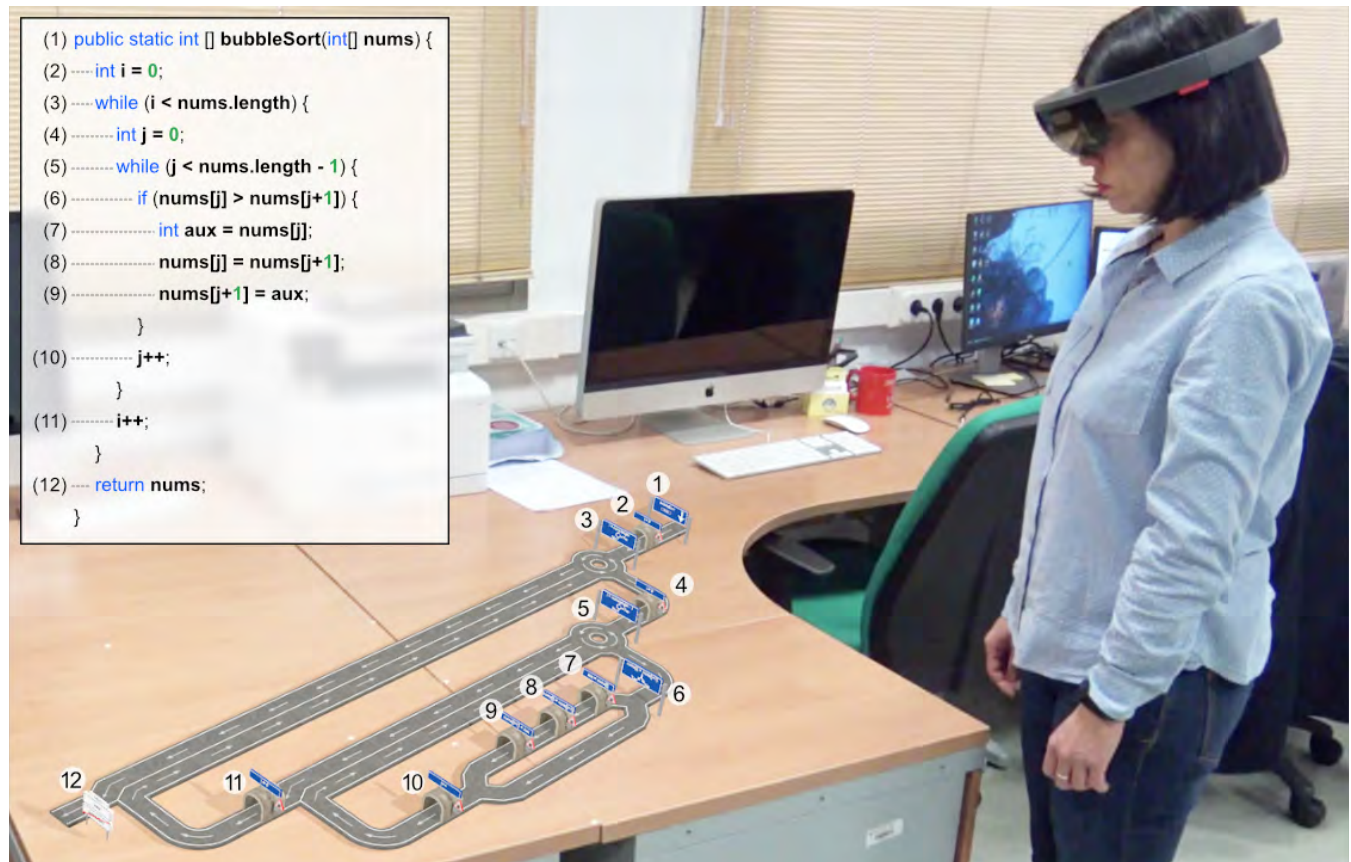
<sup>A</sup> [http://blog.uclm.es/grupochico/proyecto\\_iapro/collece-2-0/](http://blog.uclm.es/grupochico/proyecto_iapro/collece-2-0/)



**Figura < . Cambio de diseño de la representación gráfica para la evaluación de expresión, reemplazando la caja de cartón (izquierda) por un túnel de carretera (derecha).**

túnel de un vehículo, simulando la ejecución de la expresión al atravesarlo.

En la Figura 5 se muestra una captura de la visualización del algoritmo de ordenación de la burbuja haciendo uso de las representaciones gráficas 7D en su actual versión evolucionada. En dicha figura se observa una correspondencia entre las líneas de código fuente que implementan el algoritmo y las representaciones gráficas que forman la visualización. El listado de código fuente incluye en negrita el contenido literal que aparece en cada una de las señales de tráfico relacionadas, tal como se definió en los diseños mostrados en la Figura 3.



**Figura ; . Visualización del algoritmo de ordenación de burbuja mostrada mediante realidad aumentada sobre una mesa. Se indica numéricamente la relación entre las expresiones del código fuente y las representaciones gráficas usadas.**

**; nuevos casos de uso**

Como se ha mencionado anteriormente, la notación propuesta pretende ser usada de forma general en entornos de aprendizaje de la programación para mostrar el aspecto estático de los programas, es decir, las estructuras de control y la lógica asociada que los componen, así como su aspecto dinámico al mostrar la traza de ejecución de los programas.

La notación también puede ser extendida para facilitar el aprendizaje de otros conceptos más específicos, por ejemplo, aquellos que surgen en contextos más avanzados o abstractos como el de la programación concurrente, e incluso en otros más básicos como los entornos de programación orientada a agentes que tienen como objetivo introducir la programación a los niños.

En esta sección se describen dichos escenarios, con objeto de mostrar y validar la flexibilidad y escalabilidad de la notación.

**;& Comprensión de conceptos de la programación concurrente**

El aprendizaje de conceptos de programación concurrente y tiempo real supone ciertas dificultades en los estudiantes de programación acostumbrados a trabajar en programas con un único flujo de ejecución. Esto es debido principalmente al nuevo paradigma de programación al que el estudiante debe enfrentarse, al introducir el concepto de proceso y los diferentes mecanismos



de sincronización orientados a gestionar adecuadamente la concurrencia. En este contexto, la notación propuesta puede facilitar la comprensión de conceptos utilizados en programación concurrente mediante la visualización y animación del funcionamiento de dichos conceptos.

Entre los conceptos que la notación puede representar, destacaría la identificación de secciones críticas en un programa, es decir, la manipulación de variables de memoria compartida entre distintos procesos. Así, este concepto se representaría mediante la señalización de los tramos de carretera que pertenezcan a alguna sección crítica usando franjas diagonales de color amarillo sobre el asfalto. Este diseño parte de la prohibición que sufren los vehículos para detenerse en un tramo de asfalto con dichas marcas, pero alterando su significado original para adecuarlo al contexto de la propuesta. Siguiendo la analogía, estos vehículos representarían en el programa los diferentes hilos de ejecución que haya disponibles, identificados a través de un valor numérico único sobre el lateral del vehículo. Para el caso concreto de la visualización se ha optado por utilizar camiones para representar dichos hilos de ejecución.

Como mecanismos de sincronización, el uso de semáforos resulta ideal dado el contexto de la metáfora. En esta forma, los semáforos representarían la herramienta que controla el acceso de los vehículos (hilos) a la sección crítica del programa.

En la Figura 6 se muestran los diseños 3D utilizados durante la visualización, en un caso donde un hilo se encuentra ejecutando la sección crítica, mientras otro espera a que el semáforo le permita continuar. El semáforo binario, de tipo mutex, estaría animado para representar la transición del contador interno de B (rojo) a 1 (verde), impidiendo el acceso a la sección crítica o no, respectivamente.

### Entorno didáctico de programación basado en agentes

Un caso interesante de aplicación son los entornos de juegos orientados a programar modelos basados en agentes con el fin de motivar a los estudiantes con edades comprendidas entre 11 y 12 años a interesarse por la informática y aprender conceptos básicos de programación. La metáfora puede resultar familiar a niños con edades en dicho rango, al estar acostumbrados a interactuar con juguetes que representen elementos reales, tales como coches, alfombras que simulan las calles de una ciudad y puzzles gigantes que permiten construir circuitos basados en carreteras.

En este contexto, la metáfora ha sido utilizada para construir un sistema de programación de agentes con RA, donde el jugador indica la secuencia de acciones que el agente debe realizar para alcanzar un punto del nivel.

Cada nivel del juego plantea un reto que el jugador debe resolver indicando mediante interacción por gestos al personaje principal cómo proceder para llegar hasta el objetivo del escenario. Dicho escenario se encuentra construido sobre una superficie del mundo real, a partir de bloques que comparten el mismo tamaño, de tal forma que el movimiento del personaje por el nivel se realice de forma discreta. Las acciones que el personaje puede realizar por el nivel vienen indicadas por el jugador en forma de ordenes que el personaje cumplirá de forma secuencial.



Figura @ Caso de uso de la notación en un contexto de programación concurrente, donde un hilo (camión) intenta acceder a la sección crítica de un programa (franjas diagonales amarillas sobre el asfalto), actualmente accedida por otro hilo y protegida por un semáforo.

Así, el jugador podría comunicar al personaje dos ordenes de avanzar, una de girar hacia la derecha y otra de avanzar, para lograr un movimiento similar al que realiza un caballo en el ajedrez. En caso de que la meta se encontrara en la posición final alcanzada por el personaje, el jugador completaría el nivel; en caso contrario, tendría que corregir la secuencia de ordenes con una nueva alternativa. Estas ordenes son ejecutadas por una réplica del personaje principal de tamaño reducido, que se desplaza sobre la secuencia de instrucciones al mismo ritmo que el personaje principal las ejecuta.

La metáfora de carreteras y señales de tráfico está incluida en la parte sobre la que se añade la secuencia de instrucciones y se desplaza la réplica del personaje principal, de tal forma que esta misma réplica circula por dichas carreteras.

En la Figura 7 se muestra una imagen del juego ejecutando uno de los niveles, con una secuencia de instrucciones representada sobre un bucle formado por carreteras.

### < Comentarios finales

En este trabajo se ha presentado la evolución de una metáfora basada en carreteras y señales de tráfico, utilizada como notación para visualizar la estructura estática de los programas mediante



Figura A Captura del juego de programación basado en agentes; en la parte inferior izquierda, se muestran las instrucciones que el jugador puede ejecutar y la réplica del personaje virtual sobre las carreteras.

RA. Esta evolución se a justificado ~ mediante una evaluación previa que ~ otivara cada una de las etapas alcanzadas. Así, la notación inicial fue ~ alidada por estudiantes principiantes de Grado en Ingeniería Informática, con el fin de ~ edir la facilidad de la ~ etáfora para ser comprendida l si realmente representa correctamente los conceptos de los que pretende abstraer. ¿ los resultados demostraron que la notación propuesta fue bien recibida por los estudiantes, ~ ciéndola apropiada para representar programas e identificar posibilidades de mejora. Por ello, se propuso la conversión de la notación a un entorno tridimensional que facilitara su despliegue utilizando técnicas de RA para mejorar la interacción. ¿ as pruebas de aceptación de la tecnología realizadas con estudiantes fueron satisfactorias, ~ ostrando impresiones positivas de la nueva notación 3D.

Los casos de uso de la notación presentados en este trabajo pretenden mostrar la utilidad, flexibilidad l escalabilidad de las visualizaciones en diferentes contextos2 lo que contribuye a la validación de su diseño. Por otra parte, queda planteada como línea de trabajo futuro el análisis cooperativo de los programas usando ~ arios dispositivos de RA, en un escenario donde el profesor pueda explicar la ejecución de un programa compartiendo con el alumno la misma visualización e interactuando con ella a modo de depurador.

Finalmente, se proponen nuevos experimentos futuros con grupos de estudiantes que sirvan para i) validar la nueva notación evolucionada en su fase final 3D ~ mediante RA l ii) completar un análisis en profundidad de cómo los distintos casos de uso pueden afectar al proceso de aprendizaje de la programación.

~B\_ %!°:!! ~~~

Este trabajo ~ a sido financiado parcialmente por el Ministerio de Economía, Industria l ~ ompetitividad, y el M~ndo Europeo de Desarrollo ~ egional a través del proyecto TIN2015 FFL7? "A A ~#

~!-!! °!~

>?@' lassDoor. Best -obs in America 2018. ~ etrieved February 19, 2019 from [https://www.glassdoor.com/List/Best-Jobs-in-America-2018-LST\\_KQ0,25.htm](https://www.glassdoor.com/List/Best-Jobs-in-America-2018-LST_KQ0,25.htm)

>A@~ .S. Bureau of Labor Statistics. Employment by detailed occupation. ~ etrieved February 19, 2019 from <https://www.bls.gov/emp/tables/emp-by-detailed-occupation.htm>

>7@J ational Center for Education Statistics (NCES). IPEDS Completions Survey. Retrieved February 19, 2019 from <https://nces.ed.gov/ipeds/>

>I@ Xorah Bosse and Marco ( urélio 'erosa. 2017. O hy is programming so difficult to learn? *ACM SIGSOFT Softw. Eng. Notes* 41, 6 (2017), 1–6.

>E@~ hristopher \* : undhausen, Sarah A Douglas, and John T Stasko. 2002. ( meta-study of algorithm visualization effectiveness. *J. Vis. Lang. Comput.* 13, 7 (2002), 259–290.

>F@- &ngel Velázquez-Iturbide, Isidoro Hernán-Losada, and Maximiliano Paredes Velasco. 2017. Evaluating the Effect of Program +isualization on Student Motivation. *IEEE Trans. Educ.* 60, 3 (2017), 238–245.

>L@Jaime ~ rquiza-Fuentes and J Ángel Velázquez-Iturbide. 2013. 5oward the effective use of educational program animations: The roles of student's engagement and topic complexity. *Comput. Educ.* 67, Supplement C (2013), 178–192.

>C@~ onit Ben-Bassat , evy, ° ordechai 3 en-Ari, and Pekka ( ^ronen. 2003. The Jeliot 2000 program animation system. *Comput. Educ.* 40, 1 (2003), 1–15.

>D@Jaime ~ rquiza-Fuentes and J Ángel Velázquez-Iturbide. 2012. ( long-term evaluation of educational animations of functional programs. In *Proceedings of the 12th International Conference on Advanced ~ earning Technologies, Rome, Italy*, 26–30.

>?B@Neil Burgess, Eleanor ( ° aguire, and John O'Keefe. 2002. The human hippocampus and spatial and episodic memory. *Neuron* 35, 4 (2002), 625–641.

>??@George ' Robertson, Stuart V ~ ard, and Jack \* ° ackinlay. 1993. Information visualization using 3D interactive animation. *Commun. ACM* 36, 1 (1993), ELZ 71.

>?A@Bacca, S 3 aldiris, R Fabregat, S Graf, and Kinshuk. 2014. ( ugmented reality trends in education: ( systematic review of research and applications. *Educ. Technol. Soc.* 17, 4 (2014), 133–149.

>?7@Matt Dunleavy and Chris \* ede. 2014. ( ugmented reality teaching and learning. In *Handbook of research on ~ ucational !ommunications and technology*. Springer, 735–745.

>?I@Eisson Hidalgo-Céspedes, ' abriela ° arin-Raventós, and Vladimir Lara Villagrán. 2016. ~ earning principles in program ~ isualizations: a systematic literature review. In *Proceedings of the 46th Annual ~ ontiers in E ucation (FIE) Conference, Erie, PA, USA*, 1–9.

>?E@Brad A Myers. 1990. 5axonomies of ~ isual programming and program visualization. *J. Vis. Lang. Comput.* 1, 1 (1990), 97–123.

>?F@an O aller, Christian Wulf, Florian Fittkau, Philipp Dohring, and Wilhelm Hasselbring. 2013. Synchrovis: 3d visualization of ~ onitoring traces in the city metaphor for analyzing concurrency. In *Proceedings of the 1st EEE Working Conference on Software Visualization*, 1–4.

>?L@Philippe \* ugerdil and Sazzadul ( lam. 2008. Execution trace visualization in a 3D space. In *Proceedings of the 5th International Conference on Information Technology: New Generations*, 38–43.

>?C@leather Logas, -im O hitehead, Michael ° atea, ~ ichard +allejos, ~ auren Scott, Daniel ' Shapiro, John Murray, Kate ~ ompton, -oseph C Osborn, and Orlando Salvatore. 2014. Software verification games: \* esigning Xylem. The Code of <lants. In *Proceedings of the 9th International Conference on the Foundations of 7igital Games, Cruise ship, )oyal Caribbean Liberty of the Seas*.

>?D@orma Sajaniemi, Pauli Byckling, and Petri Gerdt. 2007. ( nimation metaphors for object-oriented concepts. *Electron. Notes Theor. Comput. Sci.* 178, (2007), 15–22.

>AB@man Shankar Mathur, Burcu Kulahcioglu Ozkan, and Rupak Majumdar. 2018. iDeA: An Immersive \* ebugger for Actors. In *Proceedings of the 17th ACM SIGPLAN International Workshop on Erlang, St. Louis, MO, USA*, 1–12.

>A?@Charles Kann, ~ obert W Lindeman, and Rachelle : eller. 1997. Integrating algorithm animation into a learning environment. *Comput. Educ.* 28, 1 (1997), 223–228.

>AA@anda \* ann, Stephen Cooper, and Randy Pausch. 2001. ~ sing visualization to teach novices recursion. *ACM SIGCSE Bull.* 33, 3 (2001), 109–112.

>A7@Thomas L Naps, ' uido Röbling, +icki ( lmstrum, O anda Dann, ~ udolf Fleischer, ~ hris : undhausen, Ari Korhonen, ~ auri ° almi, Myles McNally, and Susan ~ odger. 2002. Exploring the role of visualization and engagement in computer science education. In *Proceedings of the 7th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, Aarhus, 7enmark*, 131–152.

>AI@Carmen Lacave, ( na Isabel ° olina, and Juan Giralt. 2013. Identificando algunas causas del fracaso en el aprendizaje de la recursividad: Análisis experimental en las asignaturas de programación. In *Proceedings of the XIX Jornadas sobre la Enseñanza l niversitaria e la nformática, Castellón e la Plana, Spain*, 225–232.

>AE@ Sánchez, ° . A. ' arcía, ° . Lacave, ( . I. ° olina, ° . González, \* . Vallejo, and M A Redondo. 2018. ( pplying Mixed Reality 5echniques for the Visualization of <rograms and Algorithms in a Programming Learning Environment. In *Proceedings of the 10th International Conference on Mobile, Hybrid, and On-line Learning, Rome, Italy*, 84–89.

>AF@hin-Hung Teng and Jr-Yi Chen. 2012. ( n augmented reality environment for learning OpenGL programming. In *Proceedings of the 9th International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing and 6th nternational Conference on Autonomic and Trusted Computing, Fukuoka, Japan*, 996–1001.

>AL@hin-Hung Teng, -r-Yi Chen, and Zhi-Hong Chen. 2017. Impact of Augmented Reality on Programming Language Learning: Efficiency and Perception. *J. Educ. Comput. Res.* 56, 2 (2017), 254–271.

>AC@Milena +ujošević-Janičić and Dušan Tošić. 2008. The role of programming paradigms in the first programming courses. *Teach. Math.* 11, 2 (2008), 63–83.

>AD@NECE. 1968. Convention on Road Signs and Signals. *United Nations Treaty Ser.* 1091, (1968), 3.

>7B@ Sánchez, ° ( ~ edondo, \* +allejo, C González, and C Bravo. 2017. COLLECE 2.0: A distributed real-time collaborative programming environment for the Eclipse platform. In *Proceedings of the 11th International Conference on Interfaces and Human Computer Interaction, Lisbon, Portugal*, 136–142.

>?7@Santiago Sánchez, ° aria Ángeles García, ~ rescencio Bravo, and Miguel Angel Redondo. 2017. Sistema ~ OLLECE mejorado para soportar aprendizaje colaborativo de la programación en tiempo real sobre Eclipse. *IE Comun.* 23, 26 (2017), 72–81.

>7A@ I Molina, - ' allardo, ° ( ~ edondo, and C Bravo. 2014. Evaluating the awareness support of ~ OLLECE, a collaborative programming tool. In *Proceedings of the XV International Conference on Human Computer Interaction, Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain*, 74–81.

>77@Donald Ervin Vnuth. 1998. *The art of computer programming: sorting and searching*. Pearson Education.

## Visualización de rayos cósmicos mediante técnicas 3D y de realidad aumentada

Diego Ferro, Julian Flores and Juan Garzón.

**Abstract:** Los rayos cósmicos están formados principalmente por protones y núcleos atómicos que se originan en fuentes extraterrestres y llegan continuamente a la atmósfera de la Tierra. Al llegar a la atmósfera se fragmentan en partículas más pequeñas produciendo cascadas de partículas secundarias. El análisis de las partículas secundarias que llegan a la superficie de la Tierra, mediante detectores específicos, puede proporcionar información muy valiosa sobre diferentes eventos como; la actividad del sol, los cambios en el campo geomagnético o datos sobre la atmósfera. Estas medidas se ven influenciadas por el entorno en el que se instala el detector, ya que diversos elementos del edificio en el que se encuentre pueden interactuar con los rayos cósmicos. En este documento, presentamos la novedosa aplicación de técnicas de visualización de datos científicos 2D, 3D y realidad aumentada a la visualización de rayos cósmicos medidos en un detector de alta resolución. El detector utilizado se le encuentra ubicado en la Facultad de Física de la Universidad de Santiago de Compostela, España y se le conoce con el nombre de TRAGALDABAS.

Notes/Notas:



# Visualización de rayos cósmicos mediante técnicas 3D y de realidad aumentada.

Ferro D.<sup>†</sup>  
CITIUS Universidad de Santiago  
de Compostela, España  
diego.ferro@rai.usc.es

Flores J.  
CITIUS Universidad de  
Santiago de Compostela,  
España  
julian.flores@usc.es

Garzón J. A.  
Facultad de Física. Universidad de  
Santiago de Compostela, España  
juanantonio.Garzon@usc.es

## ABSTRACT

Los rayos cósmicos están formados principalmente por protones y núcleos atómicos que se originan en fuentes extraterrestres y llegan continuamente a la atmósfera de la Tierra. Al llegar a la atmósfera se fragmentan en partículas más pequeñas produciendo cascadas de partículas secundarias. El análisis de las partículas secundarias que llegan a la superficie de la Tierra, mediante detectores específicos, puede proporcionar información muy valiosa sobre diferentes eventos como; la actividad del sol, los cambios en el campo geomagnético o datos sobre la atmósfera. Estas medidas se ven influenciadas por el entorno en el que se instala el detector, ya que diversos elementos del edificio en el que se encuentre pueden interactuar con los rayos cósmicos.

En este documento, presentamos la novedosa aplicación de técnicas de visualización de datos científicos 2D, 3D y realidad aumentada a la visualización de rayos cósmicos medidos en un detector de alta resolución. El detector utilizado se encuentra ubicado en la Facultad de Física de la Universidad de Santiago de Compostela, España y se le conoce con el nombre de TRAGALDABAS.

## CCS CONCEPTS

•Human Center Computer, Applied Computer.

## KEYWORDS

Rayos Cósmicos, Interacción Hombre Máquina, Visualización Científica, Realidad Aumentada.

## 1 Introducción.

Los modelos matemáticos de fenómenos físicos permiten la investigación y la resolución de problemas complejos, calculando como van a evolucionar dichos sistemas en el tiempo. No obstante, la mayoría de los problemas reales solo puede aproximarse mediante soluciones numéricas utilizando una gran cantidad de técnicas de simulación por ordenador. Este tipo de simulaciones poseen unas características especiales dentro de las cuales es destacable que los resultados obtenidos se ven fuertemente influenciados por las condiciones de contorno. Se genera así una gran cantidad de datos que en muchos casos precisan un posterior análisis empírico por expertos, a fin de determinar patrones que computacionalmente resulta muy difícil evaluar. En general, los resultados numéricos se presentan en gráficas 2D para que investigadores o ingenieros puedan analizar mejor su significado. Sin embargo, en muchos casos los datos se ven influenciados por

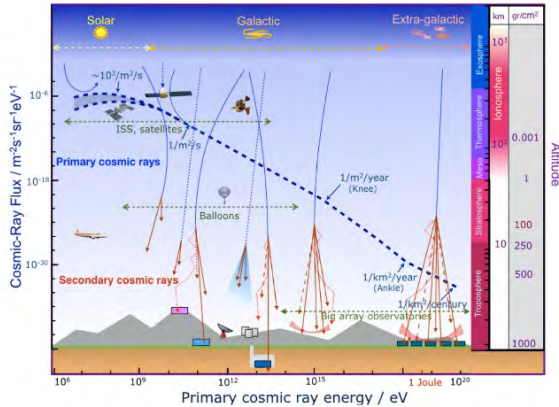
condiciones externas y por tanto una representación 2D de los mismos no es suficiente para comprender, analizar y resolver los problemas debiéndose utilizar otro tipo de representación. En este sentido, la visualización científica es una herramienta poderosa para desarrollar nuevas presentaciones intuitivas de esta gran cantidad de datos, obteniendo así soluciones visuales a los problemas surgidos durante el proceso de medida o cálculo.

Los rayos cósmicos son partículas originadas por eventos tales como supernovas o erupciones solares que viajan por el espacio exterior. [1]. Cuando las partículas interactúan con la atmósfera se generan los denominados rayos cósmicos. El principal problema asociado a la investigación de estos rayos es que su alta energía hace que sus propiedades solo puedan ser estimadas analizando la distribución de llegada de las cascadas de partículas secundarias que se produce por la interacción de la partícula con la atmósfera, produciendo las denominadas cascadas de rayos cósmicos (Extendend Air Showers, EAS). Estas cascadas son analizadas mediante detectores específicos instalados a nivel del suelo. En la figura 1 mostramos una caracterización de los rayos cósmicos en función de su energía y elemento detector [2].

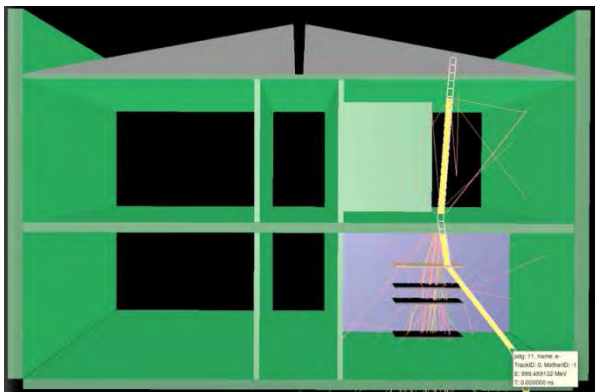
Los rayos cósmicos son detectables mediante varios tipos de dispositivos, el tipo más común son los denominados genéricamente detectores Cherenkov. Los detectores Cherenkov son un tipo de detectores de rayos cósmicos de bajo costo compuestos por un fotosensor y un tanque de agua con un interior reflectante. Las partículas viajan a una velocidad mayor a la que tendría la luz en dicho medio, generando un flash (efecto Cherenkov) detectable por el fotosensor. Normalmente los detectores Cherenkov se instalan en una formación extendida por una gran área, pudiendo detectar los frentes y orientación de los rayos Figura 1.

Existen otro tipo de detectores más sofisticados, donde podemos incluir el detector de trabajo de nombre TRAGALDABAS [2]. Este tipo de detector se engloba dentro de una familia de detectores denominada TRASGO [3]. En oposición al detector Cherenkov, el detector TRAGALDABAS puede detectar la llegada de más de un único rayo e incluir directamente otra información relevante como la dirección y la energía de este. Siendo ambos detectores alternativas fiables a la hora de la detección de este tipo de eventos. No obstante, las propiedades físicas del medio (atmósfera cambiante) que atraviesa el haz de partículas o el entorno donde se ubica el detector, pueden producir variaciones considerables en el número de rayos que llegan al mismo. Por estas razones, es interesante conocer el entorno en el que las investigaciones se realizan a fin de obtener una visión global de los eventos. Actualmente, los datos del TRAGALDABAS se muestran a

través de gráficos que no proporcionan información que permita, o al menos es muy difícil, deducir la influencia del medio, del edificio en el que se encuentra instalado en relación con las medidas realizadas, evolución del evento, etc. como ocurre en la Figura 2 donde un fotón gamma de alta energía interaccionando con el tejado del edificio.



**Figura 1. Caracterización de los rayos cósmicos en función de su energía y elemento detector.**



**Figura2. Rayo Cósmico primario interaccionado con el tejado del edificio en el que se encuentra instalado el detector.**

En este sentido, lo ideal sería una visualización tridimensional de los datos obtenidos en relación con su entorno que permitiera un análisis más global de los mismos, filtrado de datos, comparación entre bandas de detección, etc.

En la última década se han desarrollado un nuevo conjunto de técnicas de visualización de datos entre la que quizá la más conocida es la realidad virtual VR. A pesar de que los sistemas VR son una herramienta de visualización que permite un mejor análisis de datos provenientes de simulaciones de una manera intuitiva y eficiente, todavía hay limitaciones debido a su propia naturaleza. En primer lugar, introducir al usuario en un entorno virtual con toda la información involucrada en el proceso es difícil ya que los modelos físicos, las propiedades de los objetos circundantes y su comportamiento deben definirse con precisión, lo cual resulta muy complejo de realizar en tiempo real. En segundo lugar, la interacción entre un usuario y el contenido virtual, de modo que si el usuario no tiene influencia sobre el entorno y/o no recibe feedback por parte del mismo el sentido de presencia disminuye. Por otra parte, los equipos para un sistema inmersivo basado en head-mount-display (HMD) no presentan una buena relación

precio/usabilidad, teniendo problemas de ergonomía y continúan causando problemas de uso tales como claustrofobia, mareos o incluso náuseas durante el uso.

No obstante, el paradigma de visualización realidad aumentada (AR) intenta solucionar estos problemas desarrollando interfaces que mejoran el mundo físico computacionalmente [4]. La visualización por AR permite ver los resultados de las simulaciones en el mundo físico mejorando la percepción y la comprensión del conjunto de datos. Su actualización casi en tiempo real (si es posible) de los resultados en el mundo físico permite al usuario evaluar la influencia de parámetros ambientales y analizar el problema de manera eficiente. Por lo tanto, AR se ha convertido en uno de los enfoques más prometedores para el análisis y simulación en especial en ingeniería; capturando imágenes reales de entorno, procesado la imagen, incluyendo la información procedente de la simulación y renderizándola. AR se ha utilizado para resolver problemas en varias áreas de conocimiento. Wenkai et al [5] presenta una revisión actualizada de la aplicación de estas técnicas en el área ingeniería y simulación, donde se repasa sistemáticamente los diferentes campos de aplicación de este conjunto de técnicas.

La principal contribución de este trabajo es el empleo de técnicas de visualización de datos en 3D y realidad aumentada con el fin de desarrollar una visualización más efectiva de los datos provenientes del detector TRAGALDABAS. En este sentido los objetivos a alcanzar son:

- 1) Desarrollar un sistema de visualización 3D que permita ver el detector en el entorno físico que lo rodea. Se permitirá la selección/filtrado de elementos visibles (paredes, columnas, techos, pisos superiores) y visualizar los eventos detectados en base a diferentes propiedades.
- 2) Desarrollar un visualizador de AR que permita visualizar los rayos sobre el detector real, facilitando el análisis de estos.
- 3) Visualización del edificio en tres dimensiones en el que se sitúa el detector y los eventos sobre un marcador de AR.

En todas las visualizaciones, el usuario debe poder controlar varias opciones de filtrado de datos tales como el intervalo de aparición de eventos, su tiempo de vida y reproducirlos o pausar la reproducción. También se podrá realizar filtrado por velocidad, multiplicidad, y ángulo de incidencia sobre el detector. Por ser el detector de trabajo englobado dentro de una familia de detectores similares, los resultados obtenidos en este trabajo podrán ser extrapolados a los detectores TRASGO de la misma familia.

## 2 El Detector.

TRAGALDABAS (TRAsGO for the AnaLysis of the nuclear matter Decay, the Atmosphere, the earth B-Field And the Solar activity) [2] es un detector de rayos cósmicos que ofrece una granularidad de alta resolución, junto con capacidades de reconstrucción de trazas o tracking Figura 3a. Es una alternativa de bajo coste para el estudio de los rayos cósmicos en la superficie de la tierra. El detector está instalado en la primera planta de la facultad de física de la Universidad de Santiago de Compostela. Es decir, los rayos cósmicos pueden ser bloqueados por el piso superior u otros elementos. El detector está ubicado en las coordenadas N 42° 52 '34 " , W 8° 33 '37" , aproximadamente a 260 metros de altura por encima del nivel del mar.

El detector TRAGALDABAS tiene cuatro planos activos RPC basados en el diseño desarrollado por el LIP de Coimbra y

Visualización de rayos cósmicos mediante técnicas 3D y de realidad aumentada

ampliado en MARTA del Observatorio Pierre Auger [6] figura 3b. Cada plano tiene un tamaño activo de  $1.2 \times 1.5$  m<sup>2</sup> y se lee mediante 120 celdas rectangulares equipadas con electrónica rápida. La adquisición de datos se realiza por una coincidencia entre dos de los cuatro planos del detector aunque la reconstrucción de trazas se realiza a partir de la información de todos los planos que han dado señal. Los datos generados son almacenados en un formato adecuado.



Figura 3a) Detector TRAGALDABAS.

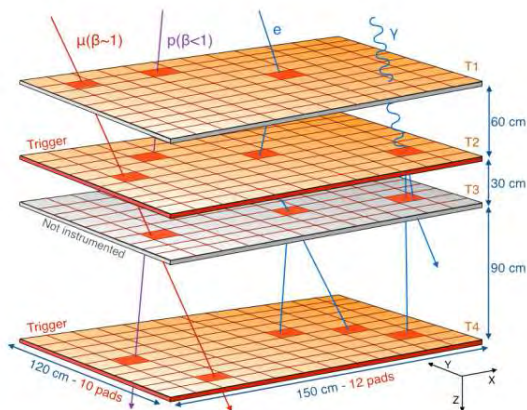


Figura 3.b) Planos de detección y geometría del detector.

### 3 Realidad Aumentada.

Como hemos comentado en la introducción, la realidad aumentada es una tecnología que permite mezclar datos, modelos, información o imágenes generadas por computador con el mundo real que lo rodea [7][8]. La realidad aumentada junto con la realidad virtual son tecnologías que buscan mejorar la interacción persona ordenador. Mientras que la realidad virtual ofrece una recreación digital de un entorno real, la realidad aumentada ofrece elementos virtuales sobre el mundo real. En la figura 4 Milgran (1994) nos presenta el continuo que nos traslada desde el mundo real al entorno virtual, situando la realidad aumentada y la realidad virtual en zonas separadas de la misma.

Podemos ver que la RA se encuentra en la mitad izquierda del continuo más cerca de la realidad que de la simulación al precisar de esta última únicamente los datos computacionales a ser representados.

INTERACCIÓN 2019, June, 2019, Donostia, Gipuzkoa, Spain

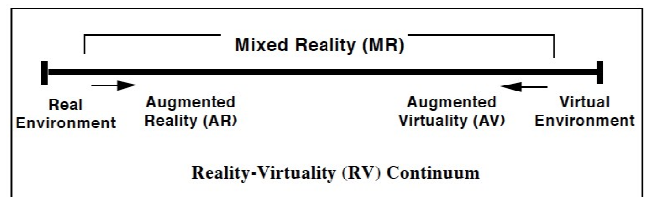


Figura 4 Continuo de Milgran.

De manera general podemos decir que, en un sistema de realidad aumentada, una cámara o un conjunto de las mismas captura el entorno de trabajo. La imagen es procesada por un sistema informático que localiza elementos relevantes sobre los que se superpone la información computacional, siendo el resultado presentado en un display al usuario. En este sentido, varios elementos se consideran básicos para el funcionamiento correcto de una aplicación de realidad aumentada:

**Sistema de captura de imágenes:** Cualquier dispositivo capaz de capturar imágenes en tiempo real y enviarlos a una computadora, en general cualquier tipo de cámara, Webcam o smartphone.

**Unidad de procesamiento:** La unidad de procesamiento es la encargada de interpretar la información recibida por el sistema de captura de imágenes, realizando las acciones necesarias para la interpretación de las imágenes y la superposición con la información generada por el propio dispositivo.

**Display:** Puede clasificarse en tres categorías según la relativa entre el usuario, el display y el entorno de trabajo, a saber; pantalla en un head mounted display (HMD), pantalla en la mano (HHD) y AR espacial mediante un proyector que muestra la información proyectada (SAR).

**Sistema de tracking.** Las técnicas de tracking actuales incluyen diferentes aproximaciones, basadas en sensores, visión y sistemas híbridos. El seguimiento basado en sensores se basa en tecnologías magnéticas o acústicas. No obstante, los más frecuentemente utilizados son los basados en visión por ordenador, que utilizan el procesamiento de la imagen capturada para calcular la posición. Se pueden clasificar en dos grupos; el seguimiento basado en marcadores y el seguimiento sin marcadores, siendo este último mucho más complejo.

### 4 Diseño del sistema.

Actualmente existe un gran número de tecnologías que permiten la implementación de sistemas para la visualización de datos 3D y realidad aumentada. En nuestro caso hemos optado por una arquitectura hardware PC con Windows 10 o un dispositivo móvil con Android bien sea un teléfono móvil o tableta conceptos que utilizaremos a lo largo del texto indiferentemente. Como plataforma software hemos optado por el motor gráfico Unity 3D [10]. Unity3D es un motor gráfico multiplataforma muy utilizado en la actualidad, desarrollado por Unity Technologies que permite generar escenas 3D y definir interfaces visuales avanzadas con el usuario. Dispone de varias ventajas fundamentales para este proyecto:

- 1) Ser multiplataforma. Esto nos permitirá desarrollar en base al mismo código varias versiones del proyecto y así disponer de una versión PC y otra sobre Android.

- 2) La posibilidad del desarrollo de scripts en C# o javascript.
- 3) Dispone de un módulo integrado de Vuforia [9]. Vuforia es un módulo para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada multiplataforma, con una robusta capacidad de seguimiento de marcadores tales como; modelos 3D, imágenes 2D y objetos previamente escaneados.

En un alto nivel de abstracción, la arquitectura software de la aplicación puede ser descrita en base a la figura 5.

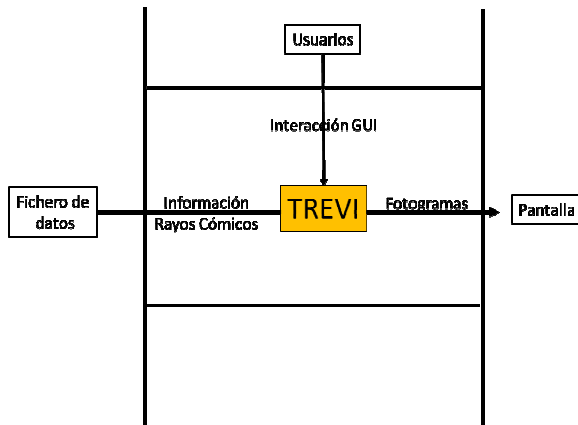


Figura 5. Arquitectura software

Esta arquitectura tiene tres elementos principales; la carga de los datos procedentes del detector, la selección de la visualización por parte del usuario y la presentación de los datos en pantalla en función de varios filtros seleccionables.

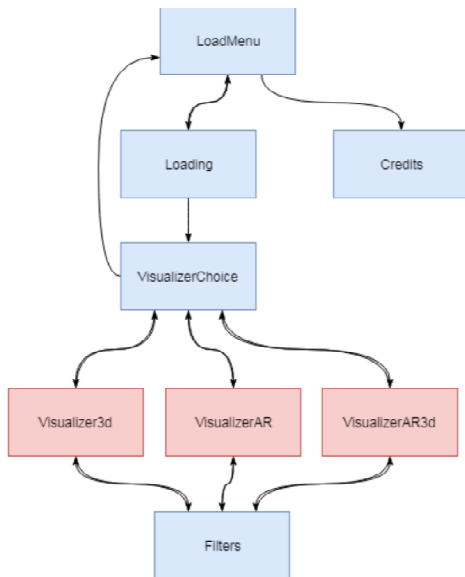


Figura 6 Flujo de información entre los diferentes modos de visualización.

Como fue comentado con anterioridad se dispone de tres posibles formas de visualizar la escena; escena 3D, escena AR y escena AR3D. El modo de visualización es elegido por el usuario mediante una selección por menús, el flujo de información entre los diferentes menús se muestra en la figura 6. Una vez elegido el modo de visualización se aplican sobre el mismo un conjunto de filtros referentes a las propiedades de

los rayos, los componentes del edificio y detector a visualizar. El diseño de los menús y las diferentes pantallas de acceso se realizó mediante *mockups* (ver figura 7) desarrollados a partir de diversas reuniones desarrolladas con los investigadores. Dichos diseños fueron aprobados e implementados. El menú final fue presentado y verificado por los usuarios si cubría sus necesidades siendo la respuesta de estos positiva.

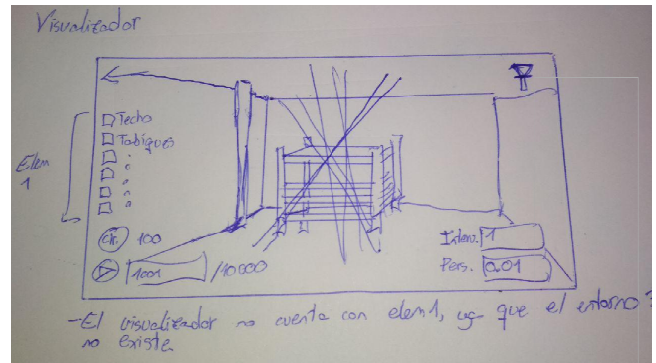


Figura 7. Ejemplo de mockup de pantalla de visualización 3D.

## 5 Modos de Visualización.

En esta sección se presentan los diferentes modos de visualización desarrollados.

### 5.1 Visualización 3D.

En este modo de visualización, en la pantalla del PC se presenta una reconstrucción del edificio en tres dimensiones, el detector en su interior y un conjunto de menús. El movimiento de la cámara y la selección de los menús se realiza mediante teclado y ratón. El modelo del edificio y el detector fue realizado a partir de varios planos proporcionados y utilizando el software de diseño FreeCad [10]. En la figura 8, a la derecha, se muestra el menú con el que se puede seleccionar los elementos del entorno visibles u ocultos; pisos superiores, suelo, techo, paredes exteriores y tabiques. Su selección determina si aparecen en la representación o por el contrario son eliminados de la misma. Se dispone de un icono filtro que hace referencia a las propiedades de los rayos incidentes en el detector. La selección de los rayos se puede realizar en función de su velocidad, ángulos de incidencia y multiplicidad. También se puede determinar cuánto tiempo durará la presentación de cada evento y la cadencia de los mismos. Una vez hecha la selección y pulsando el icono de play, es posible ver los diferentes eventos en el periodo de tiempo seleccionado en el orden que ocurrieron. Los rayos son mostrados en diferentes colores en función de su velocidad. En la figura 8, se muestra un caso de visualización de eventos con todos los elementos del edificio visibles. Por otra parte, el usuario empleando teclado y ratón puede cambiar el punto de vista en el que el detector es presentado. El entorno se puede rotar, hacer pan y zoom mediante teclado y ratón. Esto facilita la inspección desde varios puntos de vista.

Con esta representación, la selección de los filtros, de elementos visibles y múltiples puntos de vista, se presenta una idea clara de la interacción de los rayos con los diferentes elementos del edificio.

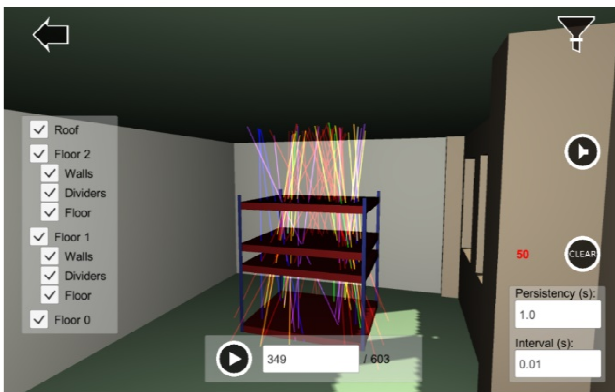


Figura 8 Visualización 3D de la escena.

## 5.2 Escena AR.

Como fue comentado con anterioridad la realidad aumentada permite superponer o mezclar imágenes reales con aquellas que generamos computacionalmente. En este caso, tenemos un objeto real y un conjunto de datos que son reflejo de los eventos medidos. Por tanto, el objetivo de este modo de visualización será representar los eventos mediante rayos virtuales sobre la imagen capturada del detector, sobre la que se superpone la del detector virtual viendo una coincidencia entre ambos elementos figura 9.

El principal problema al que nos enfrentamos es determinar la posición relativa entre el dispositivo de visualización con respecto al detector. Para solucionarlo existen diversas alternativas. La primera de ellas es establecer un conjunto de marcadores (etiquetas AR) sobre el detector y en función de la imagen capturada de las mismas determinar la posición relativa de ambos elementos. La segunda consiste en distribuir un conjunto de cámaras en la sala que en función de un marcador situado sobre el dispositivo de visualización calcule la posición relativa de ambos. Esta segunda alternativa es mucho más compleja en su implementación, por una parte, necesitaríamos un nuevo PC al cual conectar las cámaras y que permita procesar la imagen capturada, calcular las posiciones relativas y mediante una red wifi enviar la misma al smart-phone. En nuestro caso, hemos optado por la primera alternativa, para esto se ha dispuesto sobre el detector una etiqueta AR que sirva como patrón de localización figura 10. Esta etiqueta ha sido diseñada expresamente para este proyecto Figura 11. La etiqueta ha sido desarrollada siguiendo los parámetros de diseño establecidos por Vuforia para una correcta detección; rica en detalles, alto contraste y no tener patrones repetitivos. En este sentido Vuforia nos proporciona una herramienta que establece una puntuación de 0-5 en las imágenes utilizadas. En nuestro caso la imagen ha obtenido una puntuación de 5/5 por lo que se considera una imagen muy adecuada. El patrón ha sido subido al repositorio de Vuforia para la generación de la base de datos de etiquetas detectables.

Desde el punto de vista de la arquitectura hardware utilizaremos un dispositivo basado en smart-phone bajo Android y una tablet-PC que aúne la captura de imagen del entorno, el procesamiento y la representación. La etiqueta ha

sido colocada en la parte frontal del detector ya que es desde esta posición donde los expertos indican que deben ser visualizados los rayos. En cuanto al software, puesto que Unity3D permite una compilación multiplataforma e incluye el paquete Vuforia, solo es necesario establecer unas nuevas opciones para la generación de la nueva aplicación. En cuanto a los diversos menús relativos al filtrado de eventos se realiza del mismo modo que en el caso anterior solo que son seleccionados mediante la pantalla táctil del dispositivo. En este caso los únicos elementos visualizados son los rayos, ya que el detector y el edificio son reales, por lo que los menús relativos a los mismos son eliminados.

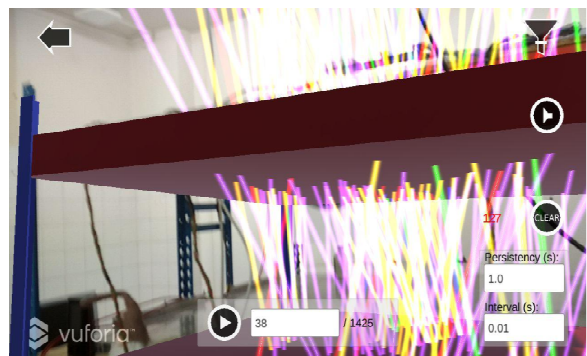


Figura 9. Detector aumentado.

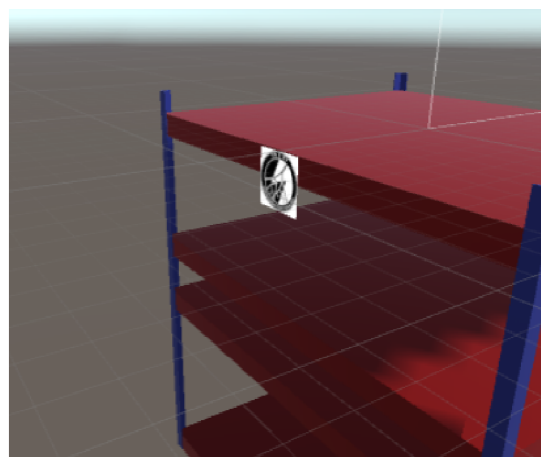


Figura 10. Esquema de la etiqueta AR, situada sobre el detector.

## 5.3 Realidad Aumentada 3D

Este tipo de visualización complementa a la primera desarrollada. La principal limitación desde el punto de vista de la interacción que el primer modo de visualización presentaba era la navegación con la cámara. Para alcanzar el punto de vista requerido, el usuario debía utilizar el ratón y el teclado, lo que resultaba complejo a la hora de alcanzar el punto de vista elegido.





Figura 11. Etiqueta AR.

Para solucionarlo se optó por visualizar la escena completa sobre una etiqueta, edificio (sus componentes) y los eventos. En función de la posición relativa entre el dispositivo móvil y la etiqueta, se visualizan diferentes puntos de vista de todo el conjunto; Figura 12. En nuestro caso utilizaremos el mismo marcador utilizado en el caso anterior. Por tanto, el usuario utilizará su dispositivo móvil para enfocar el marcador y en la pantalla de éste aparecerá la escena del caso uno. Ahora el pan, zoom, traslaciones, y rotaciones se realizan la posición relativa entre el marcador y el móvil. Este tipo de visualización resulta extremadamente útil ya que proporciona una navegación fácil e intuitiva, lo que permite un análisis mucho más rápido de los eventos y la relación de estos y los elementos del edificio. En cuanto a la visualización de elementos del edificio y filtrado de rayos, play and pause se realiza mediante el mismo conjunto de menús que en el caso uno.

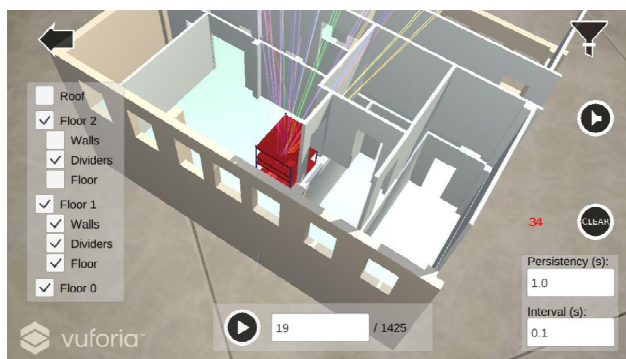


Figura 12. Visión del sistema de Realidad aumentada-3D.

## 6 Conclusiones.

Se ha desarrollado una aplicación que permite acceder a los datos del detector de rayos cósmicos TRAGALDABAS, representando los eventos detectados utilizando diversas técnicas entre las cuales el usuario puede elegir la que mejor se adapta a su propósito. Estas técnicas han sido implementadas sobre dos arquitecturas hardware: PC de sobremesa y dispositivo móvil con Android. Se ha elegido como motor gráfico Unity3D, lo que nos permite el desarrollo de la aplicación para ambas plataformas a partir de un único código, de una forma ágil y sencilla. Los 3 modos de visualización que permite la aplicación son en 3D, en realidad Aumentada y en

realidad aumentada 3D. Se permite al usuario seleccionar diferentes formas de filtrado de datos según la multiplicidad, velocidad y ángulo de incidencia de los rayos de cada evento.

Los modos de visualización permiten determinar la influencia de diferentes elementos del entorno (edificio) en el detector de rayos cósmicos TRAGALDABAS. Debido a que los seres humanos detectan patrones visuales con facilidad, el uso de la aplicación facilita también la detección de elementos defectuosos en el detector.

Los diferentes modos de visualización permiten una mayor comprensión de los datos generados, haciendo visible lo invisible. Desde otro punto de vista, estas aplicaciones pueden ser utilizadas como herramienta educativa presentado los eventos de una forma que un profano pueda entender su origen, detección e influencia de los elementos circundantes sobre el dispositivo de medida.

## 7 Trabajo futuro.

En el momento de la elaboración de este trabajo se están desarrollando varias líneas de investigación. Desde el punto de vista de los datos se está desarrollando una base de datos en la que almacenar información proveniente de varios detectores. Posibilitar el diseño on-line del detector de forma que diferentes arquitecturas puedan ser representadas fácilmente por los usuarios sin limitarse a un diseño único.

Desarrollar dos nuevos modos de visualización. El primero de ellos basado en técnicas de realidad virtual mediante unas Oculus rift[12]. El segundo mediante un sistema inmersivo tipo NAVE[13].

## Referencias

- [1] Hillas A., Particles Produced by the Cosmic Rays, Cosmic Rays. doi:10.1016/b978-0-08-016724-4.50006-9.
- [2] Blanco, Alberto e Blanco, Juan e Collazo, J. Fonte, P. Garzon, Juan Gomez, Andres e Kornakov, G e Kurtukian-Nieto, Teresa e Lopez Agüera, Angeles e M López, J., Lopes, L e Morales, Miguel e Morozova, Anna e Gallego, José Carlos e Pais, Maria Alexandra e Palka, M e Pérez-Muñuzuri, Vicente e Ribeiro, Paulo e Rodríguez Cabo, Iago e Taboada, J. "TRAGALDABAS: a new RPC based detector for the regular study of cosmic rays.", Journal of Instrumentation., vol. 9, pp. C09027, setembre 2014.
- [3] D.BelverP.CabanelasD.DomínguezIJuan A.GarzónG.KornakovM.F.Morales, "Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment", ScienceDirect, v 661 (1), January 2012, pp S163-S167. <https://doi.org/10.1016/j.nima.2010.09.173>
- [4] Azuma, R.T. A survey of augmented reality. Presence: Teleoperators. Virtual Env. 1997, 6, 355-385.
- [5] Wenkai Li, A. Y. C. Nee, and S. K. Ong" A State-of-the-Art Review of Augmented Reality in Engineering Analysis and Simulation", Multimodal Technologies and Interaction 2017, 1(3), 17; doi:10.3390/mti1030017.
- [6] P. Abreu et al., "Muon Array with RPCs for Tagging Air showers (MARTA)", PoS ICRC2015 (2016) 629.
- [7] R. Azuma. "A survey of augmented reality". ACM SIGGRAPH, 1-38, 1997.
- [8] M. Billinghurst and H. Kato. Mixedreality - merging real and virtualworlds. Proc. International Symposiumon Mixed Reality (ISMR '99), 261-284,1999.
- [9] <https://unity3d.com/es> (Enero 2019).
- [10] <https://www.vuforia.com/> (Enero 2019).
- [11] <https://www.freecadweb.org/> (Enero 2019).
- [12] <https://www.oculus.com/rift/> (Eneor 2019)
- [13] Pair, Jarrell, Carlos Jensen, Julian Flores, Jeff Wilson, Larry Hodges, and Dave Gotz. "The NAVE: Design and Implementation of a Non-Expensive Immersive Virtual Environment." Technical sketch in SIGGRAPH 2000 Conference Abstracts and Applications, ACM Press, August 2000, pp 238.



**Session 1B: HCI and Education I (English)**



Interacción 2019

2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain



**EmoTEA: Teaching children with Autism Spectrum Disorder to identify and express emotions**

Jose María García García, Victor M. R. Penichet and María Dolores Lozano.

**Abstract:** In this paper we present a novel software application developed as a serious game to teach children with Autism Spectrum Disorder (ASD) to identify and express emotions. The system incorporates cutting-edge technology to support novel interaction mechanisms based on Tangible User Interfaces (TUI) and emotion recognition based on facial expressions. This way, children interact with the system in a natural way just by grasping objects with their hands and using their faces. The system has been assessed in the premises of an association with children with ASD. The outcomes of the evaluation are very positive showing the validity of the proposal.

Notes/Notas:



**The INTELed pedagogical framework: Applying embodied digital apps to support special education children in inclusive educational contexts**

Alejandra Martínez-Monés, Sara Villagrà-Sobrino, Yiannis Georgiou, Andri Ioannou and María Jiménez-Ruiz.

**Abstract:** The theories of embodied cognition and embodied learning have attracted the attention of researchers and practitioners due to the new possibilities opened up by the emergence of embodied digital learning games. The integration of embodied theories and games to special education has been relatively intense in the last years, but their introduction in inclusive educational contexts is yet scarce. The INTELed project aims at fulfilling this gap, by supporting in-service teachers in acquiring knowledge and skills to use embodied digital learning games to address the needs of special education children in inclusive educational contexts. This paper presents the work conducted at the outset of the INTELed project, aiming at establishing the pedagogical framework with the main components underlying the project.

Notes/Notas:

**BlueThinking, a programming tool for the development of executive functions at childhood**

Isaac Lozano-Osorio, David Roldán-Álvarez, Adrián Bacelo and Estefanía Martín.

**Abstract:** Research shows that teaching computer programming to children help them develop important 21st century skills such as planning, problem solving, and flexibility of thinking. However, teaching these skills to young children is not an easy task as the existing tools in the market do not seem to be well adapted for them. The aim of this work is to present BlueThinking, an inclusive application to learn programming at early stages. A preliminary evaluation with 5 and 6 years old children was carried out to get the first impressions of the application and detect possible issues. The results show that the degree of children satisfaction with the application was high. Therefore, we believe BlueThinking could be easily used with young children to help them developing the aforementioned skills as well as to introduce them in a subtle way to the world of computer programming.

Notes/Notas:







**Session 2A: HCI and Healthcare I (Spanish)**



Interacción 2019

2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain



**Reconocimiento automático de ejercicios realizados por supervivientes de ictus para mejorar la rehabilitación remota**

Santiago Schez-Sobrino, Dorothy Monekosso, David Vallejo, Carlos Glez-Morcillo, José Jesús Castro-Schez and Miguel A. Redondo.

**Abstract:** The population of stroke survivors needing rehabilitation is a few millions across Europe and expected to rise. Unfortunately, there is no cure for stroke victims, but physical rehabilitation can be employed so that patients can gain mobility and improve their quality of life. Usually, therapies involve that the patient and the therapist are together for the latter to correctly guide the former when performing physical exercises. This is where telemedicine and remote rehabilitation tools can address the previously mentioned limitation, addressing not only economic costs but also geographical and temporal constraints. Particularly, a scenario is devised where the patient carries out exercises at home through computer vision-based assistive systems and the therapist can remotely supervise whether these are correctly done. This article is about the automatic classification of exercises, a new feature integrated in an existing gamification-based remote rehabilitation tool that is able to assess how stroke victims performs when making physical rehabilitation. The proposed approach relies on the DTW algorithm for studying and comparing open-ended motion curves. Thus, patients are not required to fully perform exercises in order for the system to classify them. This allows to increase the system flexibility and provides an implicit interaction mechanism so that patients do not have to explicitly establish which exercise will be carried out in every moment.

Notes/Notas:



# Reconocimiento automático de ejercicios realizados por supervivientes de ictus para mejorar la rehabilitación remota

Santiago Schez-Sobrino

Escuela Superior de Informática  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Ciudad Real (España)  
Santiago.Sanchez@uclm.es

Dorothy N. Monekosso

School of Computing, Creative  
Technologies & Engineering  
Leeds Beckett University  
Leeds (United Kingdom)  
D.N.Monekosso@leedsbeckett.ac.uk

David Vallejo

Escuela Superior de Informática  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Ciudad Real (España)  
David.Vallejo@uclm.es

Carlos Glez-Morcillo

Escuela Superior de Informática  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Ciudad Real (España)  
Carlos.Gonzalez@uclm.es

José J. Castro-Schez

Escuela Superior de Informática  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Ciudad Real (España)  
JoseJesus.Castro@uclm.es

Miguel Á. Redondo

Escuela Superior de Informática  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Ciudad Real (España)  
Miguel.Redondo@uclm.es

## ABSTRACT

The population of stroke survivors needing rehabilitation is a few millions across Europe and expected to rise. Unfortunately, there is no cure for stroke victims, but physical rehabilitation can be employed so that patients can gain mobility and improve their quality of life. Usually, therapies involve that the patient and the therapist are together for the latter to correctly guide the former when performing physical exercises. This is where telemedicine and remote rehabilitation tools can address the previously mentioned limitation, addressing not only economic costs but also geographical and temporal constraints. Particularly, a scenario is devised where the patient carries out exercises at home through computer vision-based assistive systems and the therapist can remotely supervise whether these are correctly done. This article is about the automatic classification of exercises, a new feature integrated in an existing gamification-based remote rehabilitation tool that is able to assess how stroke victims performs when making physical rehabilitation. The proposed approach relies on the DTW algorithm for studying and comparing open-ended motion curves. Thus, patients are not required to fully perform exercises in order for the system to classify them. This allows to increase the system flexibility and provides an implicit interaction mechanism so that patients do not have to explicitly establish which exercise will be carried out in every moment.

## CCS CONCEPTS

• Computing methodologies~Activity recognition and understanding • Applied computing~Health care information systems

## KEYWORDS

Stroke, remote rehabilitation, automatic human activity recognition, telemedicine tool, dynamic time warping (DTW).

## 1 Introducción

Según la Organización Mundial de la Salud, los accidentes cerebrovasculares representan la segunda causa de muerte y la tercera de discapacidad en el mundo [1]. A modo de ejemplo, y sólo en el continente europeo, 165 millones de personas viven con un trastorno cerebral. De hecho, se estima que una de cada tres personas sufre o sufrirá algún tipo de trastorno neurológico o psiquiátrico [2]. Aunque no existe cura para este tipo de enfermedades, la rehabilitación física es esencial para mejorar la calidad de vida de las personas afectadas, ya que se enfrentan a graves limitaciones a la hora de realizar actividades de la vida diaria, en las que intervienen habilidades físicas, cognitivas o sociales. Desafortunadamente, el tratamiento de este tipo de enfermedades conlleva un alto coste en términos de recursos económicos, ya que los terapeutas suelen estar obligados a monitorizar y supervisar in situ la realización de los ejercicios físicos realizados por los pacientes. Concretamente, el coste global para el sistema sanitario europeo es de 800.000 millones de euros al año, lo que supone una carga para cualquier sistema sanitario. Además, este problema se acentúa en los países de ingresos bajos y medios, donde las limitaciones de recursos son más pronunciadas.

Es por ello que en los últimos años ha aparecido un importante número de trabajos de investigación que se centran en aumentar la autonomía del paciente a la hora de realizar terapias de rehabilitación [3,4], asegurando en todo momento una adecuada supervisión por parte de los terapeutas. Un escenario típico es aquel en el que tanto el paciente como el terapeuta hacen uso de herramientas de telemedicina, promoviendo la recuperación del paciente en casa, reduciendo los costes del proceso de rehabilitación y ofreciendo una solución flexible que democratiza el acceso a la rehabilitación física.

No obstante, este tipo de sistemas sigue siendo costoso ya que requiere de la presencia del terapeuta para supervisar la actividad realizada por el enfermo. Es por esto por lo que resulta esencial el desarrollo de sistemas automáticos que puedan hacer el seguimiento que hasta ahora hace el terapeuta. A nivel de investigación, una posible solución es el uso de sistemas artificiales basados en visión por ordenador [5] para obtener información sobre los movimientos físicos que componen la rutina de rehabilitación. Estos sistemas utilizan técnicas como el seguimiento del esqueleto para obtener la posición y orientación de los huesos del paciente en cada instante de tiempo, con el fin de evaluar si el paciente realiza los ejercicios de rehabilitación correctamente. Dicha evaluación puede realizarse mediante una comparación del ejercicio realizado por el paciente y el mismo ejercicio realizado por el terapeuta. Este problema, que puede entenderse como una comparación de series temporales, puede ser resuelto mediante la aplicación de algoritmos como el de deformación temporal dinámica (DTW, por sus siglas en inglés) [6] o técnicas como el aprendizaje automático basado en clasificadores [7].

Además de realizar esta evaluación automática de los ejercicios, los sistemas artificiales creados para automatizar el proceso de rehabilitación física de los pacientes abordan el tema de la motivación [8]. De hecho, la capacidad de despertar el interés de los pacientes cuando utilizan el sistema artificial es tan, o incluso más importante que la eficacia con la que evalúa y reconoce los movimientos físicos. En este sentido, el uso de técnicas de gamificación está adquiriendo cada vez más importancia en el contexto de las herramientas de rehabilitación a distancia [9]. Un ejemplo de ello serían las técnicas basadas en la aplicación de dinámicas de juego en entornos educativos o profesionales para mejorar los resultados del uso de la herramienta, o aquellos relacionados con los juegos serios, que consisten en la creación de juegos destinados a conseguir un objetivo distinto del puramente lúdico.

El trabajo de investigación discutido en este artículo se engloba dentro de una herramienta de telemedicina diseñada para la rehabilitación remota de supervivientes de ictus. En particular, centraremos nuestro trabajo en la clasificación automática de los ejercicios físicos utilizando la variante de final abierto u *open-end* del algoritmo DTW [10]. El objetivo general es aumentar la flexibilidad y accesibilidad del sistema, y permitir a los pacientes realizar ejercicios de rehabilitación sin necesidad de indicar qué ejercicio específico van a realizar a continuación. Esto es especialmente importante para los pacientes cuyas capacidades cognitivas y funcionales están tan deterioradas que es difícil interactuar con el propio sistema de rehabilitación. En estos casos, el objetivo es dotar al sistema de un mecanismo de interacción implícito, de forma que sea capaz de detectar cuándo el paciente comienza y termina un ejercicio, clasificarlo y evaluarlo automáticamente para monitorizar la evolución del paciente respecto a la rutina de ejercicio físico asignada.

El resto del artículo está estructurado de la siguiente manera. La Sección 2 realiza una revisión de los principales temas de investigación relevantes para este trabajo. En la Sección 3 se examinan las principales características que soporta la herramienta

de rehabilitación a distancia, es decir, la evaluación del rendimiento de los ejercicios y la parte relativa a la motivación. La Sección 4 detalla cómo se realiza la clasificación de los ejercicios. Por último, en la Sección 5 se resumen las principales contribuciones de este trabajo y se presentan las posibles líneas de trabajo futuras.

## 2 Trabajo relacionado

Los pacientes que se han estabilizado después de los primeros días de sufrir un accidente cerebrovascular deben someterse a ejercicios de rehabilitación con un terapeuta para que puedan recuperar la mayoría de sus funciones motoras. En este contexto, los ejercicios de rehabilitación se pueden identificar y clasificar automáticamente sin que los pacientes tengan que indicar el ejercicio que desean realizar.

Existen diferentes algoritmos que permiten esta clasificación. En [11] se presenta una variante del algoritmo DTW para comparar series temporales incompletas. La propuesta, denominada DTW de final abierto (OE-DTW, por sus siglas en inglés), fue validada con éxito en este trabajo a través de la clasificación de los ejercicios utilizados durante la rehabilitación de supervivientes de ictus, dependiendo de si se realizaron de forma correcta o incorrecta. Por otra parte, en [12], el algoritmo DTW es aplicado en combinación con técnicas de lógica difusa para hacer frente a la incertidumbre de los datos y hacer factible la comparación de los ejercicios realizados por el paciente con otros ejercicios de referencia. Además, existen otras herramientas que ofrecen soluciones completas a la hora de evaluar la ejecución de los ejercicios y su clasificación, como la presentada en [13], que propone un sistema que divide el proceso de reconocimiento de ejercicios en tres etapas en las que, aplicando el algoritmo DTW, se comparan las posturas iniciales y finales del paciente, junto a las trayectorias angulares de las extremidades implicadas en el ejercicio.

Asimismo, existen otros enfoques que proponen el uso del aprendizaje automático para identificar los ejercicios realizados por el paciente utilizando técnicas basadas en modelos estadísticos, tal y como se propone en [14], donde se presenta una variante de los modelos ocultos de Markov (HMM, por sus siglas en inglés) [15] a la que denominan modelos semiocultos de Markov (HSMM, por sus siglas en inglés), para clasificar los ejercicios de rehabilitación y proporcionar al paciente una evaluación de su rendimiento. En [16], se presenta una propuesta para la evaluación automática de ejercicios con pacientes de ictus, basada en una primera etapa de reconocimiento a través de un clasificador de Bayes para reducir el número de candidatos y, a continuación, un segundo reconocimiento mediante DTW o HMM; ambos se utilizaron con resultados similares. Sin embargo, en [17], se utiliza HMM en lugar de DTW para clasificar hasta 13 ejercicios de calentamiento, a partir del promedio de diferentes HMMs en único modelo. En [18], se utiliza una técnica basada en máquinas de soporte vectorial (SVM, por sus siglas en inglés) [19] y el algoritmo de los  $k$  vecinos más cercanos ( $k$ -NN, por sus siglas en inglés) [20] para reconocer los posibles gestos realizados por el usuario utilizando un dispositivo Leap Motion™. En esta línea, en [21], se utilizan modelos de predicción basados en árboles de decisión para clasificar las articulaciones del cuerpo humano utilizando un

dispositivo Microsoft Kinect™ a partir de imágenes de profundidad capturadas por el sensor. También, en [22], se propone una técnica novedosa que utiliza un clasificador de movimiento de núcleo difuso o *Fuzzy Kernel Motion Classifier* para resolver el problema de la superposición entre diferentes partes del cuerpo. Alternativamente, en [23], se desarrolló un sistema para la clasificación de los ejercicios realizados por los pacientes con diabetes tipo 1 (DT1) según su intensidad, ya sea aeróbica o anaeróbica. Para ello, la solución se basó en el algoritmo k-NN considerando la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria y la aceleración máxima durante el movimiento de los pacientes.

En la Tabla 1 se muestra un resumen de las aproximaciones citadas en los párrafos anteriores, indicando el tipo de algoritmo empleado, si se realiza o no reconocimiento de ejercicios parcialmente completados y el objetivo que persiguen.

Las alternativas discutidas en esta sección ofrecen una clasificación de los ejercicios en diferentes contextos. Sin embargo, estas clasificaciones se realizan una vez que los ejercicios han sido completados en su totalidad o a partir de su división en diferentes etapas preestablecidas. Por ello, la propuesta de este trabajo pretende centrarse en ofrecer una mejora en la rehabilitación remota de los supervivientes de accidentes cerebrovasculares a través de la clasificación de los ejercicios que se han realizado parcialmente, es decir, que no se han completado.

Ref.	Algoritmo usado	Reconocimiento parcial	Clasificación
[11]	OE-DTW	Si	Evaluación de la realización
[12]	DTW, Lógica difusa	No	Evaluación de la realización
[13]	DTW	Si	Identificación del ejercicio
[14]	HSMM	No	Evaluación de la realización
[16]	Clasificador de Bayes, DTW / HMM	No	Evaluación de la realización
[17]	Promedio de HMMs	No	Identificación del ejercicio
[18]	SVM, k-NN	No	Identificación del ejercicio
[22]	Clasificador de movimiento de núcleo difuso	No	Identificación del ejercicio
[23]	k-NN	Si	Intensidad de la realización

**Tabla 1: Comparación entre las distintas alternativas propuestas en los trabajos relacionados y las características implementadas por sus autores.**

### 3 Rehabilitación remota

La propuesta de este trabajo se implementa sobre una herramienta de telemedicina<sup>1</sup> que puede ser usada por supervivientes de ictus para realizar sus ejercicios de rehabilitación de forma remota. Así, el terapeuta puede realizar un seguimiento remoto del paciente para comprobar su evolución.

La configuración del sistema emplea, por parte del paciente, un equipo que ejecuta la herramienta en un navegador web y un dispositivo de captura Microsoft Kinect™ para ayudar en la fase de reconocimiento del esqueleto humano. Para realizar los ejercicios, el paciente puede encontrarse sentado o de pie, dependiendo de los requisitos del ejercicio. Por la parte del terapeuta se necesitaría acceso a un equipo que pueda ejecutar la herramienta para realizar el seguimiento de los ejercicios del paciente. Para este rol, el dispositivo de captura es opcional, ya que únicamente será necesario cuando se vayan a grabar los ejercicios de referencia que tendrá que realizar el paciente.

En la Figura 1 se muestra una instantánea del sistema con ambos roles (paciente y terapeuta) haciendo uso de la herramienta de telemedicina.

A continuación, se presentan brevemente los dos módulos principales de la herramienta, el módulo comparador de ejercicios que será sobre el que se realicen las modificaciones propuestas en este trabajo, y el módulo que proporciona los mecanismos de motivación.

#### 3.1 Comparación de ejercicios

El proceso de análisis de los ejercicios implica comparar el ejercicio realizado por el paciente, notado como  $r$ , con las rutinas de rehabilitación ejecutadas por el terapeuta, notado como  $m$  y que están almacenadas en el sistema como modelo o referencia.

Cada movimiento o modelo consiste en varias series de datos, una por cada uno de los puntos del esquema de articulaciones implicado en el movimiento (ver Figura 2). Cada serie consistirá en una sucesión temporal de 3-tuplas  $(x, y, z) \in \mathbb{R}^3$ , que indican la posición de la articulación asociada con la serie en un instante determinado, y que son obtenidas a través de la cámara con sensor de profundidad. Los valores de la serie en cada eje representan la posición de la articulación a lo largo del tiempo en dicho eje y puede verse como una trayectoria o curva. De este modo el problema de comparación de movimientos se puede ver como un problema de comparación de series temporales. El algoritmo DTW permite esta comparación de series temporales, proporcionando resultados independientes de la diferencia temporal entre las dos secuencias, concretamente, resultados numéricos  $dist$  después de la comparación de ambas series tal que  $dist \in \mathbb{Q}_{\geq 0}$ .

En la Figura 3 se muestran dos curvas generadas a lo largo del eje Y para la articulación del codo derecho (punto 10) durante un ejercicio en el que se levanta el brazo derecho. La curva discontinua corresponde al movimiento realizado por el terapeuta (ejercicio de referencia), mientras que la continua se correspondería con la del paciente (ejercicio a comparar). La alineación de ambas curvas

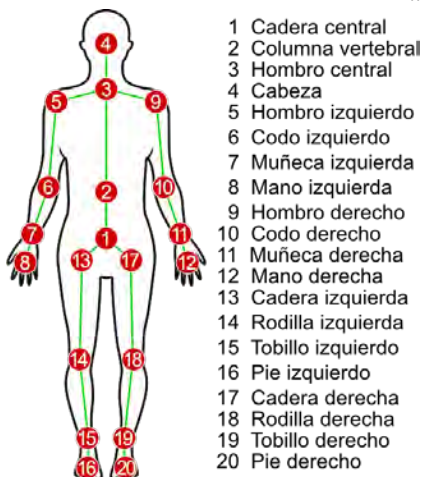
<sup>1</sup> <https://www.virtualphysioproject.com/>



**Figura 1: Configuración del entorno de la herramienta con ambos roles in situ. A la izquierda se mostraría un paciente realizando los ejercicios de la rutina y a la derecha su terapeuta supervisando la ejecución.**

obtenida tras la aplicación del algoritmo DTW ( $dist = 5,2$ ) sería la representada por los segmentos que unen las curvas. Internamente, este valor indica la distancia entre las dos curvas, por lo que cuanto más cerca de 0 se encuentre este valor, mayor será la similitud entre los dos ejercicios, y menos diferencias significativas existirán entre las dos curvas. Este valor  $dist$  es calculado por el algoritmo utilizando como métrica la distancia euclídea entre las curvas.

La comparación, a nivel de ejercicio se realiza comparando las curvas en los ejes X, Y y Z de los movimientos realizados por el paciente  $r$  y el movimiento terapeuta  $m$  en cada uno de los puntos del esquema de articulaciones (Puntos 1 al 20) implicados en el movimiento, aplicando el algoritmo DTW. Para cada serie, esto es, para cada movimiento de una articulación  $i$  en el ejercicio obtendremos una distancia que tiene en cuenta las distancias en los ejes X, Y y Z de dicha articulación, se nota como  $d_{DTW_i}$ .



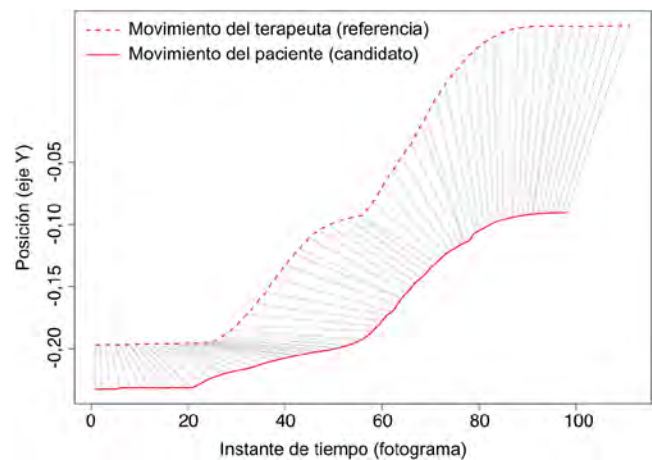
**Figura 2: Articulaciones identificadas por el sensor de profundidad del dispositivo de captura Microsoft Kinect.**

Finalmente, se calcula la distancia entre el ejercicio realizado por el paciente  $r$  y el movimiento modelo del terapeuta  $m$  como la media aritmética de las distancias obtenidas en cada una de las articulaciones involucradas en el ejercicio

$$D(r, m) = \frac{d_{DTW_1} + d_{DTW_2} + \dots + d_{DTW_j}}{j}$$

siendo  $j$  el número total de articulaciones.

El valor de distancia calculado como resultado de la aplicación del algoritmo DTW no está restringido por un límite superior, por lo que surge una dificultad añadida a la hora de interpretar estos resultados. Por lo tanto, es necesario realizar un paso de calibración previo para definir un conjunto de intervalos que ayuden a la interpretación de los resultados. Esta calibración es realizada



**Figura 3: Alineación proporcionada por el algoritmo DTW al comparar las curvas generadas a lo largo del eje Y por la articulación del codo derecho para un movimiento realizado por el terapeuta y otro por el paciente.**

previamente por el terapeuta, ejecutando algunos de los ejercicios de la rutina del paciente de forma correcta e incorrecta (por ejemplo, permaneciendo inmóvil), para obtener las distancias mínimas y máximas entre las curvas. A partir de estas distancias, se calculan tres intervalos de confianza asociados a los mensajes de retroalimentación proporcionados al usuario durante la realización de los ejercicios. Así, si las distancias obtenidas al aplicar el algoritmo DTW al ejercicio de calibración son  $x_r$ , distancia tras realizar el ejercicio correctamente, y  $x_w$ , distancia tras realizar el ejercicio incorrectamente, los intervalos de confianza se calcularían obteniendo un margen de error  $e$ , que sirva para relajar la interpretación de los resultados obtenidos por el paciente al realizar los ejercicios. A partir de este margen de error, los límites inferior y superior de los intervalos se calcularían a partir de la suma de las distancias para las ejecuciones correctas e incorrectas dividida por el número de intervalos que queramos definir (que en el caso de este trabajo es 3), como se muestra a continuación:

$$d_{sum} = d_w + d_r$$

$$d_e = \frac{d_{sum}}{3}$$

$$[0, d_e] \cup (d_e, x_{sum} - d_e) \cup [d_{sum} - d_e, \infty)$$

Así, el primer intervalo indicaría una ejecución correcta del

ejercicio, el segundo intervalo una ejecución aceptable y el tercero una ejecución incorrecta. De esta manera, la retroalimentación proporcionada a los pacientes en esos intervalos es discretizada, dependiendo de cómo realicen los ejercicios.

Por otro lado, las posiciones obtenidas de las articulaciones deben ser normalizadas para evitar posibles errores físicos causados por un cambio de ubicación del paciente o del terapeuta respecto de la cámara. Para ello, estas posiciones se recalculan con respecto a una de las articulaciones del individuo que no afecta al movimiento del ejercicio, por defecto, la articulación que se encuentra en la base del cuello. Esto permite que tanto los ejercicios de calibración como los de referencia sean grabados remotamente por el terapeuta para que el paciente los repita, haciendo posible la comparación de los dos resultados.

### 3.2 Motivación y gamificación

Dada la naturaleza de una herramienta de telemedicina en la que el paciente puede utilizarla desde su casa, es fundamental reforzar su motivación para evitar que abandone los ejercicios y los realice de forma periódica. Para ello, la herramienta incorpora diferentes mecanismos de gamificación dirigidos a ofrecer a los pacientes una sensación de progresión cada vez que realizan sus ejercicios de rehabilitación. La Figura 4 muestra una instantánea de la

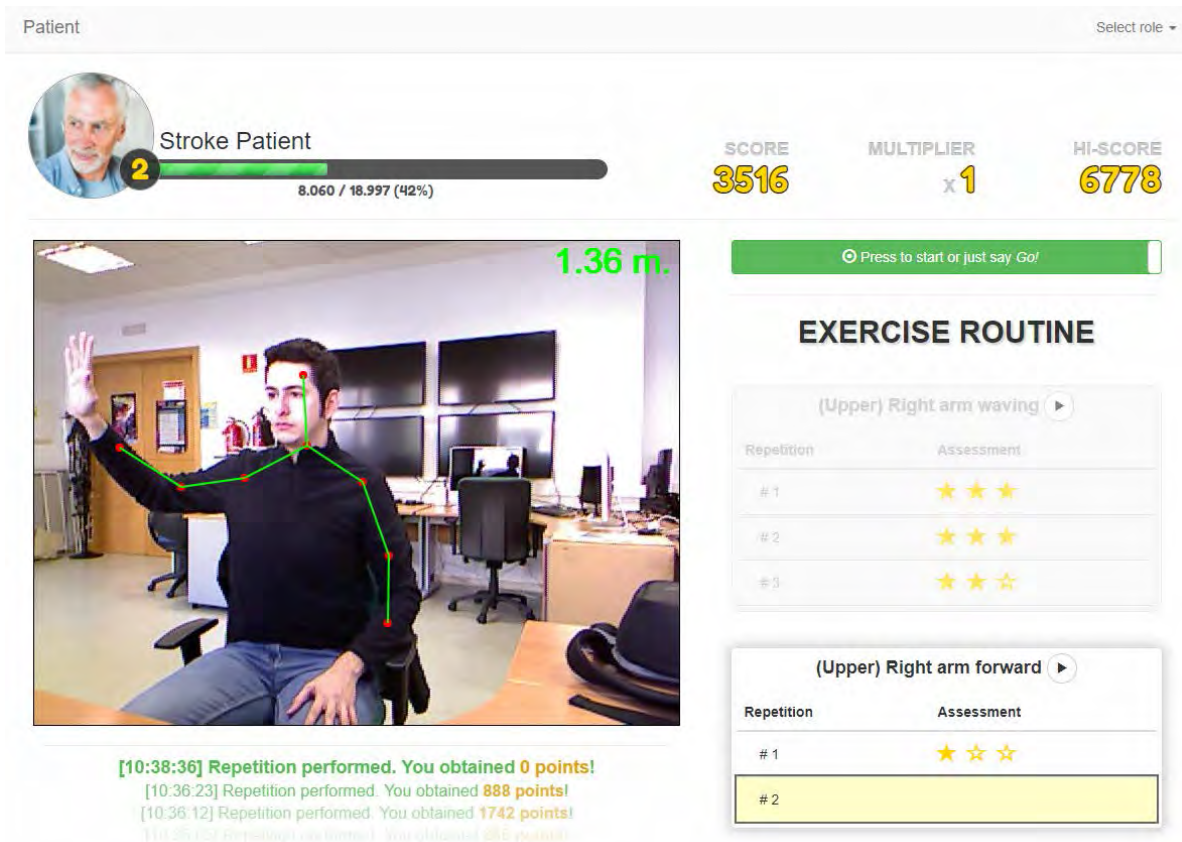


Figura 4: Captura de pantalla de la herramienta de rehabilitación remota después de que un usuario haya realizado varias repeticiones para dos ejercicios asignados.



herramienta ejecutándose como una aplicación web con estos mecanismos de gamificación disponibles mostrados en la vista principal.

La progresión se muestra en la herramienta a través de varios indicadores visuales disponibles constantemente, tales como barras de experiencia, niveles, puntuaciones y logros. Además, después de realizar los ejercicios y analizar la ejecución, los pacientes reciben una calificación por estrellas para ayudarles a entender cómo realizaron el ejercicio, obteniendo hasta tres estrellas si el ejercicio se realizó correctamente o una estrella si es incorrecto.

La barra de experiencia se rellena a partir de las puntuaciones obtenidas por los pacientes durante sus ejercicios. Estos puntos se acumulan hasta que se completa el 100% de la barra de experiencia, lo que recompensará al paciente con un nuevo nivel. La fórmula utilizada para calcular la progresión atiende a la forma  $x_i = x_{base} \cdot t^{1.5}$ , tal que  $x_i$  es la cantidad total de experiencia requerida para alcanzar el nivel  $i$ ,  $x_{base}$  es una cantidad mínima de experiencia,  $t$  es el siguiente nivel a alcanzar y 1,5 es una constante utilizada para aumentar la dificultad necesaria para alcanzar los siguientes niveles exponencialmente. La variable  $x_{base}$  sólo se utiliza para pasar del nivel 1 al nivel 2, ya que en los siguientes niveles esta variable se establecerá sobre la puntuación total acumulada por el paciente en una sola sesión con el fin de ajustar la dificultad para los siguientes niveles.

Las puntuaciones se calculan en función de cómo se realizan los ejercicios, obteniendo todos los puntos del ejercicio si el sistema reconoce que la ejecución cae en el primero de los intervalos de confianza, y disminuyendo a medida que el resultado se aleja de dicho intervalo. Además, los pacientes pueden mejorar las puntuaciones obtenidas mediante la aplicación de multiplicadores si consiguen rachas continuas de ejercicios realizados correctamente.

Los niveles son el principal objetivo a alcanzar por el paciente, ya que permiten desbloquear diferentes logros que demuestran una verdadera progresión en su rehabilitación. La relación entre los logros que se desbloquean al alcanzar cada nivel es definida por el terapeuta en función de la evolución esperada por el paciente.

## 4 Reconocimiento de ejercicios

Actualmente, en la herramienta de telemedicina propuesta, el paciente debe seleccionar el ejercicio a realizar, interactuando a través de comandos de voz o de la interfaz de usuario. Esta forma de seleccionar los ejercicios añade ciertas dificultades a los pacientes con movilidad reducida que no pueden interactuar con el sistema o que presentan problemas cognitivos graves que afectan al habla. Es por tanto el objetivo de este trabajo añadir los mecanismos necesarios a la herramienta para evitar que el paciente tenga que realizar la selección.

Como ya se ha comentado en la sección anterior, las comparaciones entre ejercicio realizado  $r$  y modelo  $m$  se realizan comparando el algoritmo DTW sobre movimientos finalizados y completos. Existe una variante de este algoritmo, denominada DTW de final abierto (OE-DTW, por sus siglas en inglés) y publicada originalmente Tormene et al. [11], permite comparar series no finalizadas, además de proporcionar el porcentaje de

coincidencia entre dos curvas en instantes de la serie. En el contexto de este trabajo, esta variante se propone para evitar que el paciente tenga que realizar la selección del ejercicio a realizar, ya que permitiría la realización de ejercicios de rehabilitación sin tener que seleccionar explícitamente cuál es el que quiere realizar. El algoritmo OE-DTW se emplearía para comparar el ejercicio que está realizando el paciente en un momento determinado con los almacenados en el sistema. Esta comparación se realizaría desde el comienzo de su ejecución como si se tratara de un movimiento incompleto. Conforme avance el paciente en la realización del ejercicio más datos habrá para establecer una comparación más informada.

La herramienta integra la implementación del algoritmo OE-DTW que se encuentra en el paquete estadístico disponible para R [10,11]. Durante el uso de la herramienta, el paciente iniciaría el movimiento del ejercicio que desea realizar y el sistema comenzaría a detectar el ejercicio que se está realizando. Para ello, el sistema compara periódicamente las posiciones de las articulaciones con las almacenadas para los ejercicios de referencia existentes. Cuando se encuentra un candidato óptimo, el ejercicio correspondiente a ese candidato es marcado como definitivo y el paciente es informado de la evaluación del desempeño para ese ejercicio una vez completado. Se considera un candidato óptimo al ejercicio de referencia que minimice la distancia existente entre las curvas de movimiento generadas por dicho ejercicio y el realizado por paciente tras aplicar el algoritmo OE-DTW.

### 4.1 Propuesta de mejora

Supongamos que el sistema tiene almacenados  $n$  rutinas de rehabilitación,  $M = \{m_1, m_2, \dots, m_n\}$ , que han sido realizadas por el terapeuta. Y que el paciente realiza un ejercicio  $r$ . El problema será encontrar el modelo  $m_i$  tal que  $\min_i \{D(r, m_i)\}$ .

Un ejercicio puede verse como un conjunto de series  $S_i$ , esto es:

$$r = \{S_i \mid i \in \{1, \dots, 20\}\}$$

donde cada  $S_i$  es la serie que contiene los movimientos de la articulación  $i$  involucrada en el movimiento y que han sido identificadas por el dispositivo de captura (ver Figura 2). La serie  $S_i$  consiste en:

$$S_i = \{e_{t_j} \mid j \in \{1, \dots, m\}\}$$

siendo  $e_{t_j}$  cada una de las posiciones de la articulación  $i$  a lo largo del tiempo, es decir

$$e_{t_j} = (x_{t_j}, y_{t_j}, z_{t_j}) \mid x_{t_j}, y_{t_j}, z_{t_j} \in \mathbb{R}$$

donde  $x_{t_j}, y_{t_j}, z_{t_j}$  representan la posición de la articulación en los ejes X, Y y Z en el instante  $t_j$ .

El problema es por tanto comparar el ejercicio realizado parcialmente por el paciente  $r$  con los de referencia ( $M$ ) hasta el instante  $t_j$ . El valor de distancia OE-DTW resultante entre el ejercicio  $r$  y un modelo  $m_i$  en un instante  $t_j$  se calcula como:

$$D_{t_j}(r, m_i) = \frac{dt_{jDTW_1} + dt_{jDTW_2} + \dots + dt_{jDTW_q}}{q}$$

donde  $dt_{j_{DTW_i}}$  calcula la distancia entre  $r$  y  $m$  en la articulación  $i$  en el ejercicio teniendo en cuenta las distancias según los ejes X, Y y Z de dicha articulación en el instante  $t_j$ .

En cada instante  $t_j$  el sistema dará como modelo ejecutándose por el paciente, el modelo  $m_k$  que hace mínima la distancia  $D_{t_j}(r, m_k)$ , esto es:

$$\min_{k_{t_j}} \{D_{t_j}(r, m_k)\}$$

Como ejemplo, si se considera un caso de uso en el que el paciente tiene que realizar repeticiones de hasta tres ejercicios diferentes (por ejemplo, saludar con el brazo derecho, levantar el brazo derecho y adelantar el brazo derecho), la implementación tendría que encontrar el mejor candidato mientras el paciente realiza el ejercicio a lo largo del tiempo. Por lo tanto, cuando el usuario comienza a realizar una repetición para el ejercicio en el que tiene que agitar el brazo derecho, se lanza un proceso de comparación utilizando el algoritmo OE-DTW para tratar de clasificar el movimiento a partir de las posiciones  $(x, y, z)$  de cada una de las articulaciones, detectadas hasta ese instante de tiempo. A continuación, se realizan varias comparaciones en paralelo con cada uno de los ejercicios de referencia definidos anteriormente. La distancia mínima obtenida tras aplicar el algoritmo con los tres ejercicios de referencia será la que indique el ejercicio que se ha reconocido.

En la Figura 5 se muestran las distancias medias de las articulaciones del brazo derecho obtenidas a lo largo del tiempo después de aplicar el algoritmo OE-DTW contra los tres ejercicios de referencia. Se puede observar cómo, durante los primeros segundos de ejecución del movimiento (es decir, instantes de tiempo del segundo 0 al 2), se obtienen valores similares debido a que los tres ejercicios inician el movimiento de forma similar. A partir del segundo 4, los valores del ejercicio «adelantar brazo derecho» comienzan a distanciarse de los otros dos debido a diferencias en la ejecución. Por último, el ejercicio se clasifica correctamente a partir del segundo 9 en adelante, con valores de distancia inferiores a los de los otros dos ejercicios.

El algoritmo se ejecuta concurrentemente tantas veces como sea posible, obteniendo una mayor precisión y velocidad en la

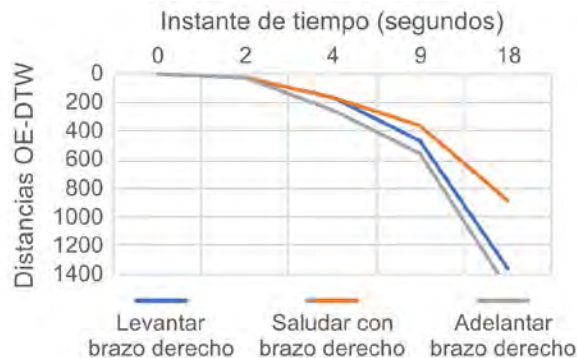


Figura 5: Gráfico que muestra las distancias OE-DTW obtenidas a lo largo del tiempo para los tres ejercicios de referencia definidos en el texto.

clasificación cuanto mayor sea el rendimiento del equipo donde se ejecute. El equipo en el que se realizaron las pruebas, un MacBook Pro Mid-2015 (Intel Core i7 @ 2,8 GHz), ha permitido un promedio de ejecuciones de 1,33 veces por segundo. Cabe destacar que el mismo equipo también realiza otras tareas relacionadas con la herramienta de rehabilitación, como comunicarse con el dispositivo de captura para obtener información del esqueleto, procesar dicha información y enviarla a la aplicación web para su visualización.

## 5 Conclusiones

En este trabajo se ha presentado una solución para el reconocimiento automático de los ejercicios físicos en el contexto de un sistema de rehabilitación a distancia basado en la gamificación que pueden utilizar los supervivientes de accidentes cerebrovasculares y sus terapeutas. Gracias al uso de la variante de final abierto del algoritmo DTW, este sistema es capaz de clasificar automáticamente, en tiempo real, los ejercicios que definen las rutinas de rehabilitación realizadas por los pacientes. De este modo, no es necesario que el paciente especifique qué ejercicio va a realizar a continuación, lo que aumenta la flexibilidad y accesibilidad del sistema si se considera a los pacientes con dificultades graves para interactuar con este tipo de herramientas.

Los resultados experimentales obtenidos muestran la viabilidad de utilizar el algoritmo OE-DTW para clasificar los ejercicios. La propuesta se ha presentado sobre un caso concreto en el que se identifica correctamente una rutina de rehabilitación realizada por un paciente de entre todas las disponibles en el sistema. La identificación de rutinas de rehabilitación de manera automática y la evaluación de cómo de correcta se ha realizado abre un escenario prometedor en el que se pretende automatizar el papel de terapeuta estableciendo metodologías más personalizadas en función del desempeño.

Nuestro trabajo de investigación actual se centra ahora en cómo personalizar la rehabilitación física de los pacientes afectados por enfermedades neurológicas. Pretendemos establecer una metodología para la rehabilitación precisa a través de una co-creación y un enfoque participativo entre clínicos y pacientes, adoptando un enfoque que promueva una rehabilitación personalizada y rentable para tratar a los pacientes de forma más efectiva, en el contexto de las enfermedades neurológicas. El reconocimiento de patrones jugará un papel esencial al establecer rutinas de rehabilitación personalizadas dependiendo de la condición de cada paciente y de su capacidad para ajustar los tratamientos de rehabilitación.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación ha sido financiado parcialmente por el Instituto de Salud Carlos III (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional dentro del proyecto de investigación Desarrollo, evaluación y mejora de una herramienta remota para la supervisión de pacientes afectados por accidentes cerebrovasculares (Ref. DTS18/00122).

## REFERENCIAS

- [1] Walter Johnson, Oyere Onuma, Mayowa Owolabi, and Sonal Sachdev. 2016. Stroke: a global response is needed. *Bull. World Health Organ.* 94, 9 (2016), 634.
- [2] Valery L Feigin, Rita V Krishnamurthi, Priya Parmar, Bo Norrving, George A Mensah, Derrick A Bennett, Suzanne Barker-Collo, Andrew E Moran, Ralph L Sacco, Thomas Truelsen, and others. 2015. Update on the global burden of ischemic and hemorrhagic stroke in 1990-2013: the GBD 2013 study. *Neuroepidemiology* 45, 3 (2015), 161–176.
- [3] Sarkis Morales-Vidal and Sean Ruland. 2013. Telemedicine in stroke care and rehabilitation. *Top. Stroke Rehabil.* 20, 2 (2013), 101–107.
- [4] Neeltje van den Berg, Maika Schumann, Kathleen Kraft, and Wolfgang Hoffmann. 2012. Telemedicine and telecare for older patients—A systematic review. *Maturitas* 73, 2 (2012), 94–114.
- [5] Shian-Ru Ke, Hoang Thuc, Yong-Jin Lee, Jenq-Neng Hwang, Jang-Hee Yoo, and Kyoung-Ho Choi. 2013. A review on video-based human activity recognition. *Computers* 2, 2 (2013), 88–131.
- [6] Samsu Sempena, Nur Ulfa Maulidevi, and Peb Ruswono Aryan. 2011. Human action recognition using dynamic time warping. In *Electrical Engineering and Informatics (ICEEI), 2011 International Conference on*, 1–5.
- [7] Pavan Turaga, Rama Chellappa, Venkatramana S Subrahmanian, and Octavian Udrea. 2008. Machine recognition of human activities: A survey. *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.* 18, 11 (2008), 1473.
- [8] Gazihan Alankus, Amanda Lazar, Matt May, and Caitlin Kelleher. 2010. Towards customizable games for stroke rehabilitation. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2113–2122.
- [9] Simon McCallum. 2012. Gamification and serious games for personalized health. *Stud. Health Technol. Inform.* 177, 2012 (2012), 85–96.
- [10] Toni Giorgino and others. 2009. Computing and visualizing dynamic time warping alignments in R: the dtw package. *J. Stat. Softw.* 31, 7 (2009), 1–24.
- [11] Paolo Tormene, Toni Giorgino, Silvana Quaglini, and Mario Stefanelli. 2009. Matching incomplete time series with dynamic time warping: an algorithm and an application to post-stroke rehabilitation. *Artif. Intell. Med.* 45, 1 (January 2009), 11–34.
- [12] Chuan Jun Su, Chang Yu Chiang, and Jing Yan Huang. 2014. Kinect-enabled home-based rehabilitation system using Dynamic Time Warping and fuzzy logic. *Appl. Soft Comput.* 22, November 2014 (2014), 652–666.
- [13] D. Antón, A. Goñi, and A. Illarramendi. 2015. Exercise Recognition for Kinect-based Telerehabilitation. *Methods Inf. Med.* 54, 02 (January 2015), 145–155.
- [14] Marianna Capecci, Maria Gabriella Ceravolo, Francesco Ferracuti, Sabrina Iarlori, Ville Kyrki, Andrea Monteriù, Luca Romeo, and Federica Verdini. 2018. A Hidden Semi-Markov Model based approach for rehabilitation exercise assessment. *J. Biomed. Inform.* 78, February 2018 (2018), 1–11.
- [15] Leonard E Baum and Ted Petrie. 1966. Statistical inference for probabilistic functions of finite state Markov chains. *Ann. Math. Stat.* 37, 6 (1966), 1554–1563.
- [16] Richard D. Willmann, Gerd Lanfermann, Privender Saini, Annick Timmermans, Jurgen te Vrugt, and Stefan Winter. 2007. Home Stroke Rehabilitation for the Upper Limbs. In *29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 4015–4018.
- [17] Aleksandra Postawka. 2017. Exercise Recognition Using Averaged Hidden Markov Models. In *International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (ICAISC 2017)*, 137–147.
- [18] Wen Jeng Li, Chia Yeh Hsieh, Li Fong Lin, and Woei Chyn Chu. 2017. Hand gesture recognition for post-stroke rehabilitation using leap motion. In *Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Applied System Innovation (ICASI)*, 386–388.
- [19] Corinna Cortes and Vladimir Vapnik. 1995. Support-vector networks. *Mach. Learn.* 20, 3 (1995), 273–297.
- [20] N. S. Altman. 1992. An Introduction to Kernel and Nearest-Neighbor Nonparametric Regression. *Am. Stat.* 46, 3 (August 1992), 175–185.
- [21] J Shotton, A Fitzgibbon, M Cook, T Sharp, M Finocchio, R Moore, A Kipman, and A Blake. 2011. Real-time human pose recognition in parts from single depth images. In *Proceedings of the 21st IEEE Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 1297–1304.
- [22] Zhe Zhang, Luca Liparulo, Massimo Panella, Xudong Gu, and Qiang Fang. 2016. A Fuzzy Kernel Motion Classifier for Autonomous Stroke Rehabilitation. *IEEE J. Biomed. Heal. Informatics* 20, 3 (May 2016), 893–901.
- [23] Kamuran Turkssoy, Thiago Marques Luz Paulino, Dessi P. Zaharieva, Loren Yavelberg, Veronica Jamnik, Michael C. Riddell, and Ali Cinar. 2015. Classification of Physical Activity: Information to Artificial Pancreas Control Systems in Real Time. *J. Diabetes Sci. Technol.* 9, 6 (November 2015), 1200–1207.

**Una herramienta de rehabilitación para los miembros superiores con gamificación y realidad aumentada: Propuesta y validación inicial**

Gabriel Fuertes Muñoz and Jesús Gallardo Casero.

**Abstract:** La terapia activa es un mecanismo que ayuda en el proceso de rehabilitación, afianzando la recuperación y haciéndola más rápida y efectiva. En ese sentido, la prescripción de ejercicios por parte del personal sanitario y su repetición por parte de los pacientes es fundamental. Sin embargo, la falta de motivación de los pacientes provoca en ocasiones que estos ejercicios no se lleven a cabo o se hagan de manera incorrecta. En este artículo presentamos KineActiv®, un sistema que hace uso del dispositivo Microsoft Kinect v2. KineActiv da soporte a la realización de ejercicios de rehabilitación de los miembros superiores, y para ello incluye enfoques de gamificación y de realidad aumentada. Con estas características se pretende obtener buenos resultados mediante una mejor motivación e implicación de los pacientes. En el artículo se describen la herramienta y las primeras actividades de validación que se están llevando a cabo para comprobar su utilidad.

Notes/Notas:

# Una herramienta de rehabilitación para los miembros superiores con gamificación y realidad aumentada: propuesta y validación inicial

Gabriel Fuertes Muñoz  
Edison Desarrollos SL  
Teruel, España  
gabriel.fuertes@gmail.com

Jesús Gallardo Casero  
Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas  
Universidad de Zaragoza  
Teruel, España  
jesus.gallardo@unizar.es

## RESUMEN

La terapia activa es un mecanismo que ayuda en el proceso de rehabilitación, afianzando la recuperación y haciéndola más rápida y efectiva. En ese sentido, la prescripción de ejercicios por parte del personal sanitario y su repetición por parte de los pacientes es fundamental. Sin embargo, la falta de motivación de los pacientes provoca en ocasiones que estos ejercicios no se lleven a cabo o se hagan de manera incorrecta. En este artículo presentamos KineActiv®, un sistema que hace uso del dispositivo Microsoft Kinect v2. KineActiv da soporte a la realización de ejercicios de rehabilitación de los miembros superiores, y para ello incluye enfoques de gamificación y de realidad aumentada. Con estas características se pretende obtener buenos resultados mediante una mejor motivación e implicación de los pacientes. En el artículo se describen la herramienta y las primeras actividades de validación que se están llevando a cabo para comprobar su utilidad.

## PALABRAS CLAVE

Rehabilitación, Kinect, Realidad aumentada, Gamificación.

## 1 Introducción

Dentro del ámbito de la rehabilitación y el tratamiento de la salud, es un hecho demostrado que la terapia activa es un método que ayuda en el proceso de rehabilitación [1], afianzando la recuperación y haciendo que ésta sea más rápida y efectiva [2, 3]. Llevar a cabo ejercicios de manera repetitiva puede ayudar a personas con dificultades motoras a superar con mayor facilidad las limitaciones que experimentan en su vida diaria. A pesar de esta afirmación un estudio indica que sólo el 31% de las personas que sufren algún trastorno de la movilidad ejecutan los ejercicios tal y como les han recomendado [4].

La gente a menudo cita la falta de motivación como un impedimento a la hora de realizar ejercicios regularmente de forma autónoma [5]. Además, el número de ejercicios en una sesión de terapia es típicamente insuficiente [6]. Una solución a esta cuestión es la intervención del personal sanitario: fisioterapeutas o rehabilitadores, normalmente. Sin embargo, esto puede no ser viable desde un punto de vista económico al

necesitar contratar más personal para cubrir necesidades a largo plazo.

Todo esto lleva a que el paciente que se someta a un tratamiento de rehabilitación debe implicarse de una manera activa realizando ejercicios que le son prescritos por parte del personal sanitario. La realización de estos ejercicios normalmente se lleva a cabo en casa, sin la presencia del profesional, en las distintas sesiones que tiene concertadas. De esta manera, el profesional debe confiar en la correcta realización de los ejercicios pautados por parte del paciente. Una alternativa es que el personal sanitario decida que el paciente realice dichos ejercicios en su consulta, bajo su supervisión.

Por estos motivos decidimos que había que buscar una manera de suplir esa carencia y brindar la oportunidad de que los pacientes pudieran realizar los ejercicios que les eran pautados de una manera guiada y controlada, indicando si está realizando correctamente los ejercicios, corrigiendo sus errores, almacenando su evolución, etc., sin necesidad de que el terapeuta esté presente en todo momento. Además de esta manera los resultados obtenidos por cada uno de los pacientes después de cada sesión de terapia activa serán accesibles por parte del personal sanitario de manera inmediata y desde cualquier dispositivo conectado a Internet para así poder planificar la siguiente sesión presencial.

Por otro lado, el desarrollo del campo de las tecnologías de sensores y el abaratamiento de los precios han permitido imaginar y desarrollar sistemas capaces de controlar de manera automática la frecuencia, duración y corrección de ejercicios [7]. Además, el uso de interfaces de usuario multimodales y del concepto de gamificación pueden ser de ayuda también de cara a mantener al usuario motivado e implicado durante la realización de ejercicios [8, 9].

Así, en este artículo presentamos el sistema de rehabilitación KineActiv®, un desarrollo basado en el dispositivo Microsoft Kinect v2. Se trata de un sistema que permite que los fisioterapeutas prescriban ejercicios a sus pacientes para así mejorar el proceso de rehabilitación entre sesiones de fisioterapia. El sistema incluye enfoques de gamificación y de realidad aumentada para obtener mejores resultados mediante una mejor motivación e implicación de los pacientes. KineActiv está pensado para rehabilitación de los miembros superiores.

El resto del artículo se estructura como sigue: en la sección 2 se comentarán algunos trabajos relacionados con el que se

presenta, sobre todo de otros sistemas de rehabilitación que utilizan Microsoft Kinect. En la sección 3 se describirá la herramienta, haciendo hincapié en su arquitectura y su interfaz de usuario y en los problemas encontrados durante su desarrollo. En la sección 4 se comentará el trabajo inicial de validación llevado a cabo. Finalmente, en la sección 5 se comentarán el trabajo futuro y las mejoras que ya estamos llevando a cabo.

## 2 Trabajo relacionado

El dispositivo Microsoft Kinect está sirviendo de base para sistemas que están destinados a una amplia gama de tareas de rehabilitación con resultados más que satisfactorios. En este sentido, Chang [10] comparó el sistema óptico OptiTrack de alta fidelidad con el dispositivo Kinect y mostraron que Kinect puede realizar un seguimiento de movimiento competitivo como OptiTrack. Así, el dispositivo Kinect se incluyó en un sistema de rehabilitación de ictus para los miembros superiores, desarrollado como un entorno virtual interactivo [11], usando la información de los movimientos del paciente, junto con las señales obtenidas de los dispositivos de medición ergonómicos, para supervisar y evaluar el progreso de la rehabilitación de ictus.

Otros estudios han demostrado que Kinect es un sensor suficientemente preciso y sensible para medir los movimientos gruesos, lo que lo hace adecuado para los sistemas de rehabilitación de apoplejía [12] o para medir los síntomas del movimiento en personas con enfermedad de Parkinson [13].

También se ha determinado que puede rastrear el movimiento del cuerpo con la precisión requerida para las pruebas de equilibrio estándar [14], como la evaluación del equilibrio de pie [15] y se ha comparado a Kinect con técnicas más establecidas para la estimación de la pose usando datos de captura de movimiento [16]. En este trabajo, se evaluó la precisión y robustez de la estimación de la postura de Kinect para posturas de personas mayores en posiciones de pie y sentadas. Los resultados fueron positivos, indicando que podría ser utilizado para la realización de ejercicios de terapia activa.

La principal ventaja de usar el sensor de Kinect sobre las alternativas disponibles en el mercado se encuentra en el algoritmo propio de Microsoft, que realiza la detección del cuerpo en tiempo real y que puede explotarse utilizando el Kit de Desarrollo de Software de Microsoft (SDK) [17].

## 3 Descripción del sistema

En esta sección vamos a comentar las características de KineActiv, que es el sistema que hemos desarrollado como ayuda para los fisioterapeutas a la hora de tratar con pacientes de rehabilitación. De esta manera, hemos diseñado un producto que incentiva a los pacientes a la realización de los ejercicios pautados con la implementación de un entorno gamificado [8], en el que se establecen los objetivos marcados por el profesional. Se trata de un entorno gamificado porque se han introducido características propias de juegos (misiones, recompensas, etc.) a la ejecución de los ejercicios de rehabilitación. La principal diferencia entre

KineActiv y otros sistemas similares es que se evalúan los movimientos de los pacientes en tiempo real, mostrando mensajes de aviso al usuario para que este pueda alcanzar un movimiento casi ideal en cada ejercicio.

### 3.1 Arquitectura del sistema

La arquitectura del sistema sigue una estructura cliente-servidor con una base de datos común a los dos entornos. Por un lado, poseemos un entorno web adaptable (*responsive*), a través del cual cada centro clínico tiene la posibilidad de dar de alta a los fisioterapeutas y pacientes que posee. Éstos a su vez pueden registrar las patologías dentro de cada historial de los pacientes que traten.

Para cada patología se crean sesiones de ejercicios que deben realizar los pacientes, ya sea en el centro clínico o en su domicilio, en la fecha que haya sido establecida, sin posibilidad de poder repetir la sesión si no es abierta nuevamente por el fisioterapeuta.

El sistema será accesible desde cualquier dispositivo que posea conexión a Internet para poder ver los resultados de los ejercicios realizados, en tiempo real, con datos precisos y gráficas de evolución y resultados.

Por otro lado, tenemos un entorno gamificado para el paciente, el cual se ha desarrollado en Unity y hace uso del dispositivo Kinect 2 de Microsoft.

Para realizar la valoración de cada uno de los pacientes, se guarda cómo es la estructura de cada persona y la articulación a tratar. Por ejemplo, si se debe realizar la rehabilitación de un hombro, se almacena la posición del hombro, codo y muñeca, así como la longitud de la extremidad, además de otros datos relevantes para la ejecución de los ejercicios.

Una vez finalizados los ejercicios pautados, el sistema se conecta con la base de datos y envía de manera automática lo realizado por el paciente para su posterior estudio por parte del profesional sanitario. Así pues, una vez recibidos los resultados, el sistema cierra automáticamente la posibilidad de repetir los ejercicios.

El especialista podrá acceder al sistema web desde cualquier dispositivo que tenga acceso a internet para acceder a las estadísticas y las gráficas generadas por el sistema para los ejercicios que ha hecho el paciente. De esta manera puede ver si la evolución es la esperada o si se ha producido algún problema en la ejecución, ya sea por desconocimiento, desconfianza, dolor del paciente o cualquier otro motivo que le haya impedido la correcta realización de lo pautado.

En cualquier caso, con los resultados obtenidos, es posible planificar las sucesivas sesiones de rehabilitación, ya sea para avanzar más rápidamente o por el contrario modificar las pautas para adaptarlas a la evolución del paciente.

### 3.2 Interfaz de usuario

De cara a la interfaz de usuario del sistema, se han utilizado solo tres colores (blanco, verde y gris), además de un cuarto (naranja) en contadas ocasiones. Por un lado, se tienen las pantallas de información de los ejercicios que el paciente debe llevar a cabo en el proceso de rehabilitación. Estas pantallas se

Una herramienta de rehabilitación para los miembros superiores con gamificación y realidad aumentada: propuesta y validación inicial

INTERACCIÓN 2019, June, 2019, Donostia, Gipuzkoa, Spain

han dividido en cuanto a diseño en cuatro columnas, de forma que la descripción del ejercicio estará en las dos o tres de la derecha (dependerá de la pantalla concreta), y la información general estará a la izquierda. Dos ejemplos de estas pantallas están en las figuras 1 y 2.

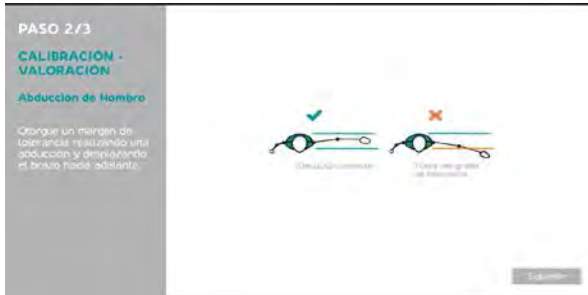


Figura 1. Pantalla de calibración.



Figura 2. Explicación de un ejercicio.

Por otro lado, se tiene la ejecución de los ejercicios gamificados en sí. Los ejercicios que actualmente incluye el sistema han sido propuestos por fisioterapeutas, ya que se trata de ejercicios reales de rehabilitación. A partir de esos ejercicios, se ha montado el enfoque de gamificación para aumentar la motivación de los pacientes. En la figura 3 podemos ver un primer ejemplo de ejercicio, que consiste en mantener el brazo en una posición de 90° sujetando un peso durante 35 segundos. La gamificación en esta actividad ha consistido en que se cocina un pollo en una barbacoa. Como puede observarse, se sigue un enfoque de realidad aumentada, ya que los elementos del pollo y la barbacoa se superponen en la imagen a la imagen real captada por el sistema.

Otro ejemplo de ejercicio es el de la figura 4. En este caso, se trata de que el paciente destruya a un alienígena localizado en la pantalla. El alienígena se ubicará en la posición determinada por el fisioterapeuta, que de esa forma estará marcando los grados de movimiento del brazo que el paciente debe llevar a cabo. Se deberán hacer varias repeticiones del movimiento, de forma que, si no se llevan a cabo, el alienígena destruirá la ciudad mostrada en la parte inferior de la pantalla.



Figura 3. Ejecución de una actividad (1)



Figura 4. Ejecución de una actividad (2)

Después de realizar cada actividad, el paciente verá una pantalla con la puntuación que ha obtenido. La puntuación se mostrará mediante una escala de estrellas, completando así la gamificación de la actividad.

### 3.3 Problemas encontrados

A lo largo del desarrollo de la aplicación nos hemos encontrado con varios problemas que hemos tenido que solventar. Uno de los principales problemas ha sido la necesidad que poseen los fisioterapeutas en el control del ejercicio, ya que la precisión de la realización de los mismos es un objetivo fundamental en el tratamiento de terapia física. Este punto es mucho más estricto en nuestro sistema que en otros que existen en la actualidad, ya que en nuestro caso es preciso que el ejercicio se realice en todo su recorrido de una manera casi perfecta para poder ser efectivo y tratar así las patologías de una manera correcta y eficiente.

Por parte de Kinect no es un problema el seguimiento de las articulaciones, ya que nos da una precisión de hasta 20 decimales. En nuestro caso el simple hecho de respirar nos da variaciones en los datos que se capturan y que en determinadas ocasiones pueden provocar resultados que indican que el ejercicio está mal ejecutado cuando en realidad no es así.

Para ello, comparamos las longitudes y los grados de la articulación dentro de todo el recorrido comparándolo en tiempo real con el establecido inicialmente en la valoración. Además, se controlan otras articulaciones que, aunque no tienen funcionalidad dentro del ejercicio de rehabilitación, si se produce un movimiento no permitido también es necesario avisar al paciente

de que no debe hacerlo. Un ejemplo de ello es la inclinación del tronco del paciente en las elevaciones de los hombros, evitando así que se ayude con dicha inclinación para la ejecución del movimiento requerido.

Otro problema encontrado, en la línea de lo que acabamos de comentar, es el que abarca los errores de reconocimiento de las articulaciones que se generan si en algún momento dentro del trazo del movimiento el dispositivo pierde un punto de control de la articulación, ya que en ese caso dibuja la posición de esa articulación en base a una estimación de dónde se debería encontrar, concurriéndose así en un error inaceptable para nuestro objetivo.

#### 4 Validación inicial

Para comenzar a comprobar la validez del enfoque propuesto, la primera actividad que se ha llevado a cabo es un cuestionario de aceptación de tecnología basado en el modelo TAM [18]. Al tratarse de una validación muy preliminar, se ha conformado un cuestionario reducido de cinco ítems, dos de ellos referidos a la *utilidad percibida* del sistema y los otros dos a su *facilidad percibida de uso*, para comprobar así esos dos conceptos que están presentes en el modelo TAM. Cada ítem se ha valorado con una puntuación de 1 a 7, siendo 1 el valor menor y 7 el mayor. Los cuestionarios han sido cumplimentados por traumatólogos, rehabilitadores y fisioterapeutas hasta un total de 6 personas. Más adelante se realizará este mismo cuestionario por más personas de esas y otras profesiones realizadas en el proceso de rehabilitación.

Pasando ya a comentar los resultados de esta validación, el valor medio de los resultados de las dos preguntas referidas a la utilidad percibida es de 6, mientras que el valor medio de los resultados de las tres preguntas sobre la facilidad percibida de uso es de 6,67. Por lo tanto, y a pesar de que somos conscientes de que se trata de una muestra pequeña y de una validación muy preliminar, estos resultados parecen validar nuestro enfoque y nos animan a continuar probando y validando nuestro sistema.

Además de esta validación, en un trabajo paralelo se han medido la usabilidad y el *flujo* en el uso de la herramienta mediante sendos cuestionarios que han dado buenos valores de aceptación [9].

#### 5 Trabajo futuro

Como hemos comentado en el apartado anterior, nos encontramos en pleno proceso de evaluación del sistema, de cara también a futuras mejoras. El siguiente paso será conformar un panel de 10 pacientes con lesiones de los miembros superiores, como luxaciones articulares, tendinopatías o pinzamientos, para que hagan uso de la herramienta durante unas seis sesiones cada uno, de cara a que se pruebe la validez de la herramienta en cuanto a mejora del rendimiento alcanzado por los pacientes. Del mismo modo, los pacientes van a cumplimentar también una encuesta de usabilidad para que de esa forma se valide la parte de usabilidad del sistema.

En cuanto a posibles mejoras del sistema que se están valorando, se pretende que en un futuro se pueda dar la opción de seleccionar varios juegos distintos o la elección de un entorno más aséptico, sin entorno gamificado, todo ello a elección del paciente.

#### REFERENCIAS

- [1] M Montagnini, NM Javier, C Ritchie (2017). Physical therapy and other rehabilitation issues in the palliative care setting. UpToDate May, 16.
- [2] H Mehboob, J Kim, A Mehboob, SH Chang (2017). How post-operative rehabilitation exercises influence the healing process of radial bone shaft fractures fixed by a composite bone plate. *Composite Structures*, 159, 307-315.
- [3] SGD Linhares, JCDN Pereira, PMP Fernandes, JRM de Campos (2017). Functional exercise capacity and lung function in patients undergoing an early rehabilitation program after the Nuss procedure: a randomized controlled trial. *Pediatric surgery international*, 33(1), 69-74.
- [4] SB Richards, RL Taylor, R Ramasamy, RY Richards (1999). Single subject research: Applications in educational and clinical settings. New York: Wadsworth Shaughnessy, M., Resnick, B., & Macko, R. (2006). Testing a model of post-stroke exercise behavior. *Rehabilitation Nursing*, 31, 15-21.
- [5] D Lloyd-Jones, R Adams, T Brown, M Carnethon, S Dai, G De Simone, et al (2010). Heart disease and stroke statistics—2010 update: A report from the American Heart Association. *Circulation*, 121, 46-215.
- [6] C Lang, J MacDonald, C Gnip (2007). Counting repetitions: An observational study of outpatient therapy for people with hemiparesis post-stroke. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 31, 3-10.
- [7] G Saposnik, R Teasell, M Mamdani, J Hall, W McIlroy, D Cheung, KE Thorpe, LG Cohen, ME Bayley (2010). Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: a pilot randomized clinical trial and proof of principle. *Stroke* 41 (7), 1477-1484.
- [8] SM Flynn, BS Lange (2010) Games for the rehabilitation: the voice of the players. In: International Conference on Disability, Virtual Reality & Associated Technologies (ICDVRAT 2010), pp. 185-194
- [9] G Fuertes, J Gallardo R Mollineda (2019) Usability Study of a Kinect-Based Rehabilitation Tool for the Upper Limbs. In: Rocha Á., Adeli H., Reis L., Costanzo S. (eds) *New Knowledge in Information Systems and Technologies. WorldCIST'19 2019*. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 931. Springer, Cham
- [10] YJ Chang, LD Chou, FTY Wang, SF Chen (2011). A Kinect-based vocational task prompting system for individuals with cognitive impairments, Personal and Ubiquitous Computing. <http://dx.doi.org/10.1007/s00779-011-0498-6>.
- [11] JM Ibarra Zannatha, AJ Malo Tamayo, AD Gómez Sánchez, JE Lavín Delgado, LE Rodríguez Cheu, WA Sierra Arévalo (2013). Development of a system based on 3D vision, interactive virtual environments, ergonomic signals and humanoid for stroke rehabilitation, *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 112 (2) 239-249.
- [12] D Webster, O Celik (2014). Experimental evaluation of Microsoft Kinect 's accuracy and capture rate for stroke rehabilitation applications. In: *Haptics Symposium (HAPTICS)*, 2014 IEEE, pp. 455-460. doi: 10.1109/HAPTICS.2014.6775498. Houston, TX.
- [13] B Galna, G Barry, D Jackson, D Mhiripiri, P Olivier, L Rochester (2014). Accuracy of the Microsoft Kinect sensor for measuring movement in people with Parkinson 's disease. *Gait Posture* 39 (4), 1062-1068. doi: 10.1016/j.gaitpost.2014.01.008
- [14] H Funaya, T Shibata, Y Wada, T Yamanaka (2013). Accuracy assessment of Kinect body tracker in instant posturography for balance disorders. In: *Medical Information and Communication Technology (ISMICT)*, 2013 7th International Symposium on, pp. 213-217. doi: 10.1109/ISMICT.2013.6521731. Tokyo.
- [15] Y Yang, P Fang, L Yan, L Shuyu, F Yubo, L Deyu (2014). Reliability and validity of Kinect RGB-D sensor for assessing standing balance. *Sensors J.*, IEEE 14, 1633-1638. doi: 10.1109/JSEN.2013.2296509.
- [16] S Obdrzalek, G Kurillo, F Ofli, R Bajcsy, E Seto, H Jimison, M Pavel (2012). Accuracy and robustness of Kinect pose estimation in the context of coaching of elderly population. In: *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 2012 Annual International Conference of the IEEE, pp. 1188-1193. doi: 10.1109/EMBC.2012.6346149. San Diego, CA.
- [17] Microsoft, Kinect for Windows SDK 2.0. [Online] Available: <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=44561>. [Accessed: 14 March 2019].
- [18] FD Davis (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly* 13 (3): 319-340



**Session 2B: Information Visualization II (English)**





**Tailored information dashboards: A systematic mapping of the literature**

Andrea Vázquez-Ingelmo, Francisco José García Peñalvo and Roberto Theron.

**Abstract:** Information dashboards are extremely useful tools to exploit knowledge. Dashboards enable users to reach insights and to identify patterns within data at-a-glance. However, dashboards present a series of characteristics and configurations that could not be optimal for every user, thus requiring the modification or variation of its features to fulfill specific user requirements. This variation process is usually referred to as customization, personalization or adaptation, depending on how this variation process is achieved. Given the great number of users and the exponential growth of data sources, tailoring an information dashboard is not a trivial task, as several solutions and configurations could arise. To analyze and understand the current state-of-the-art regarding tailored information dashboards, a systematic mapping has been performed. This mapping focus on answering questions regarding how existing dashboard solutions in the literature manage the customization, personalization and/or adaptation of its elements to produce tailored displays.

Notes/Notas:



**Comparative analysis of preprocessing tasks over social media texts in Spanish**

Juan Pablo Tessore, Leonardo Esnaola, Claudia Russo and Sandra Baldassarri.

**Abstract:** One of the key aspects of the texts coming from social media is that they tend to be very noisy. This is mainly because of the usage of informal language and non-standard grammatical structures. Therefore, in order to use these contents as input for a text analysis process, it is highly recommended to previously clean and reduce the noise of the data. This work focuses on measuring the effectiveness that diverse cleaning and repairing tasks have on the data. The results obtained, indicate that the tasks of “tokens with no letters removal”, and “stressed words processing” are the most effective. In addition, some tasks like hashtags or usernames processing, which behave very well in other datasets, are not that relevant in this one. This research is part of a more general one that pursues to build an automatic emotion classifier that makes use of the preprocessed comments as input.

Notes/Notas:

**Posters Presentations (English & Spanish)**





**The effects of consumers' information security behavior and information privacy concerns on usage of IoT technologies**

Seonglim Lee, Na Eun Park and Jaehye Suk.

**Abstract:** Using the data from 2017 Survey on Information Security (Individual) by Korean Internet & Security Agency, we examined the effects of consumers' information security behavior and privacy concerns on the usage of IoT technology. The major results were as follows. First, smartphone users were more likely to implement passive information security behaviors than active information security behaviors. Second, slightly less than half of the sample concerned on excessive collection and use of personal information without consumer consent, and less than 20% concerned on sharing and transmitting personal information to the third parties without consent. Third, consumers who implemented more information security behaviors were more likely to use IoT technology. Information privacy concerns were negatively associated with possibility of using IoT technology. To enhance the adoption of IoT technology, it is necessary to establish the effective public and private policies for educating consumers to practice active information security behavior, collecting minimum of range of private data, and building up security credential on personal information.

Notes/Notas:



**Customer's perceptions of human features in frontline robots, consequences for service value and loyalty.**

Daniel Belanche, Luis V. Casaló and Carlos Flavián.

**Abstract:** The use of frontline robots is an innovation that may affect customer choices and change the services industry. However, in spite of its increasing interest, recent contributions to this emerging field are mainly theoretical. To further advance on this topic, this work tries to empirically evaluate customer's perceptions and reactions toward the use of frontline robots in services. Like previous technology innovations, frontline robots should enhance the service value and the customer-provider relationship; however, like employees, robots are perceived as social actors by customers. This work analyzes to what extent perceived physical human-likeness of the robot and social cognition cues –i.e., perceived competence and perceived warmth of the robot– affect customers' perceptions of service value and their loyalty intentions towards the service provider. Results from an experimental design confirmed most of the aforementioned relationships. Specifically, human-likeness only shows a positive significant influence on functional and social value; in turn, perceived warmth and competence exert a positive significant effect on all the dimensions of service value –functional value, social value, monetary value and emotional value– as well as on loyalty intentions. More interestingly, we observe that while warmth is more strongly related to affective or relational variables (social value, emotional value, loyalty intentions), competence is more related to utilitarian ones (monetary value and functional value).

Notes/Notas:



**How should “AI speakers” touch consumer hearts?**

Hyewon Lim, Hyesun Hwang, Kee Ok Kim and Yeon Ji Yang.

**Abstract:** This study investigates consumer interest and concerns about Artificial Intelligence (AI) speakers. An AI speaker, otherwise called a smart speaker, is a wireless speaker and voice command device with an integrated interactive virtual assistant. A general understanding of social issues about and interest in AI technology is acquired through an analysis of keywords on mass media in discussions where AI technology is applied in real life.

Notes/Notas:



**Daily life with “Clova” smart speaker**

Xu Li, Hyewon Lim and Hyesun Hwang.

**Abstract:** The global market for AI speakers is expanding, and South Korea is expected to become the world's 5th-largest market by the end of 2019. This study collected a variety of reviews from users of Clova, which was launched by the mobile carrier LG U+ with a program from a representative Korean portal Naver. The collected data were analyzed through topical modeling. This study observed all the topics that appeared in the latest reviews written by consumers who use the products during their daily lives and explored their specific needs regarding the product. The results indicate that consumers have a strong appetite for various functions of AI speakers.

Notes/Notas:

**Korean consumers' cognitive, affective, and behavioral responses regarding smart watches based on Social Network Analysis**

Yu Lim Lee, Minji Jung, In-Hyoung Park, Ahyoung Kim and Jae-Eun Chung.

**Abstract:** This study used a Social Network Analysis with R program-ming to examine Korean consumers' responses to smart watch-es. We chose the Apple Watch and crawled data from social media sites including Facebook and Twitter, as well as online communities. Our findings provide an in-depth understanding of consumers' responses to the Apple watch and the managerial implications for product development with the aim of enhanc-ing customer satisfaction.

Notes/Notas:



**Tecnologías y objetos tangibles para interacción en entornos de Realidad Virtual inmersiva**

Oscar Ardaiz, Asier Marzo, Unai Dominguez, Ruben Baztan and Iñigo Ezcurdia.

**Abstract:** Los entornos de realidad virtual inmersiva permiten la interacción a través de dispositivos genéricos adaptados a las características del usuario de RVI: dispositivos sin cables llevables, dispositivos de interacción en tres dimensiones. Pero la sensación de inmersión suele verse disminuida por el mínimo feedback que se obtiene del entorno virtual, para lo cual se han desarrollado dispositivos hápticos de diferentes características [1]. Sin embargo, esos dispositivos no llegan a producir la sensación de tacto de un objeto físico. En nuestro proyecto creamos objetos físicos con superficies tangibles que son interactivas en un entorno de realidad virtual. Hemos implementado dos aplicaciones ejemplos: en el primero hemos colocado en el espacio real objetos físicos que corresponden a objetos virtuales en una situación similar en el espacio virtual, el usuario puede moverse por el espacio físico lo cual se corresponde con en el espacio virtual y puede tocar los objetos físico que existen también en el espacio virtual. En el segundo hemos creado una reproducción física en impresión 3D de un paisaje montañoso que podemos visualizar en un entorno virtual inmersivo, a través de la interacción con el objeto físico podemos navegar por el espacio virtual del paisaje montañoso.

Notes/Notas:

# Tecnologías y Objetos Tangibles para Interacción en entornos de Realidad Virtual Inmersiva

Oscar Ardaiz, Asier Marzo, Unai Dominguez, Rubén Baztan, Iñigo Ezcurdia  
Departamento Estadística, Matemática e Informática  
Universidad Pública de Navarra  
Pamplona, Spain  
{oscar.ardaiz, asier.marzo}@unavarra.es

## ABSTRACT

Los entornos de realidad virtual inmersiva permiten la interacción a través de dispositivos genéricos adaptados a las características del usuario de esos entornos: dispositivos sin cables llevables, dispositivos de interacción en tres dimensiones. Pero la sensación de inmersión suele verse disminuida por el mínimo feedback que se obtiene del entorno virtual, para lo cual se han desarrollado dispositivos hápticos de diferentes características [1]. Sin embargo, esos dispositivos no llegan a producir la sensación de tacto de un objeto físico. En nuestro proyecto creamos objetos físicos con superficies tangibles que son interactivas en un entorno de realidad virtual.

Hemos implementado dos aplicaciones ejemplos: en el primero hemos colocado en el espacio real objetos físicos que corresponden a objetos virtuales en una situación similar en el espacio virtual, el usuario puede moverse por el espacio físico lo cual se corresponde con en el espacio virtual y puede tocar los objetos físicos que existen también en el espacio virtual. En el segundo hemos creado una reproducción física de una montaña en impresión 3D, a través de la interacción con sensores capacitivos en el objeto físico podemos navegar por un espacio virtual en el que se visualiza en 3D la misma montaña.

## CCS CONCEPTS

• Hardware → Emerging technologies → Emerging interfaces

## KEYWORDS

Realidad virtual, tangible, impresión 3D, sensores capacitivos

## 1 Construcción de Objetos Tangibles

Para construir los objetos tangibles usamos dos tecnologías complementarias que podemos implementarlas por separado o en un mismo proceso. Por un lado, los sensores capacitivos que permiten detectar el contacto con la piel humana. Y por otro lado la impresión 3D nos permite construir objetos físicos de casi cualquier geometría a partir de datos digitales.

Los sensores capacitivos se basan en el hecho de que el cuerpo humano tiene unas características conductoras tales que funciona como un capacitor, de tal manera que un sensor de capacitancia medirá diferentes valores de capacitancia si un cuerpo humano esta lo suficientemente cerca. Existen sensores capacitivos que miden dos tipos diferentes de capacitancia, por auto-capacitancia, que mide la capacitancia entre el sensor y el cuerpo cercano; y por capacitancia mutua, que mide la capacitancia entre dos electrodos cuando se acerca un cuerpo [2].

Los primeros prototipos están contruidos en dos fases: primero se imprime en 3D la geometría deseada y después se insertan los sensores capacitivos en aquellas superficies que se desea permitan interacción táctil. Los prototipos que se construyen en un solo paso se basan en la impresión en 3D de dos materiales simultáneos con una impresora con dos cabezas para imprimir un material conductor y otro no conductor, existen sensores impresos en 3D de tipo auto-capacitancia [3] [4], pero no de capacitancia mutua.

## 2 Implementación de interacciones en RV con objetos tangibles

Los objetos tangibles permiten detectar el contacto con aquellas zonas de los objetos donde se sitúan los sensores capacitivos. Para que dichas entradas puedan ser utilizadas en el entorno de realidad virtual se necesita: un mecanismo de procesamiento digital de las señales analógicas y un mecanismo de mapeo de las señales con acciones de la realidad virtual. Para crear señales digitales a partir de las señales analógicas creamos un controlador basado en micro-controladores tipo Arduino. El mapeo de las señales digitales en acciones de la realidad virtual lo hacemos utilizando el protocolo (Open Sound Control) basado en IP y utilizamos conectividad Wifi de tal manera que los objetos tangibles puedan ser llevables o ser colocados en diferentes localizaciones.

La implementación software que hemos realizado permite:

- Una asociación automática de los objetos que actúan como dispositivos de entrada al objeto virtual que representan. El sistema reconoce el objeto impreso en 3D y lo vincula con el objeto virtual que representa, un mismo objeto real se puede utilizar para manipular diferentes objetos virtuales.
- Los entornos de realidad virtual interpretan un protocolo de control que se particulariza para cada entorno y dispositivo.

## Aplicación 1: Interacción con elementos físicos del espacio real

Habitualmente los usuarios de sistemas de realidad virtual inmersiva interaccionan con el entorno virtual a través de dispositivos físicos que son cogidos por el usuario o son entregados al usuario antes de entrar en el entorno virtual, pero el resto del mundo físico que rodeado al usuario queda fuera de su alcance constituyendo un obstáculo con el que puede golpearse, de tal manera que los usuarios suelen permanecer en una posición fija en el espacio real, de pie o sentados en una silla.

Nuestra aplicación se basa en la interacción con los elementos físicos que rodean a un usuario real, permitiendo, por un lado: que el usuario pueda desplazarse o interactuar en un espacio más amplio teniendo relación su acción física con su interacción virtual. Y en segundo lugar que pueda interactuar con los elementos físicos que rodean al usuario real permitiendo crear experiencias de realidad virtual inmersiva en las que el usuario puede interactuar con objetos físicos situados fuera de su alcance al comienzo de la sesión. En la figura 1 vemos un entorno virtual con objetos con los que el usuario puede interactuar, esa interacción se logra con el desplazamiento en el mundo real hasta objetos tangibles, figura 2.

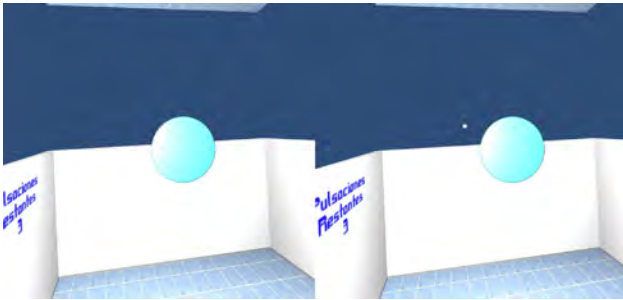


Figure 1: Entorno virtual con objetos para interactuar



Figure 2: Muros tangibles en el espacio de interacción real

### Aplicación 2: Mapas 3D interactivos

En muchas aplicaciones de realidad virtual es necesario un mapa para orientar al usuario sobre su posición en el espacio de realidad virtual y que también sirve para desplazarse.

El desplazamiento en entornos de realidad virtual se puede solucionar con desplazamiento físicos del usuario y su correspondiente tracking por medio de diferentes mecanismos: cámaras, posicionamiento indoor tipo GPS, etc. pero estas soluciones requieren de una compleja y cara infraestructura.

Un objeto tangible permite a un usuario realizar desplazamientos por el mundo virtual realizando interacciones con sus dedos sobre el objeto, tales como apuntar, desplazar o trazar líneas. Con las tecnologías de impresión 3D podemos realizar una representación física de la topología del espacio donde se produce el desplazamiento, un mapa físico en 3 dimensiones con una superficie que represente el espacio que se puede recorrer, con diferentes alturas representando la orografía del terreno.

Nuestra segunda aplicación es una visualización en 3D de una zona geográfica del mundo real, figura 3, en el cual nos podemos desplazar tocando un mapa físico impreso en 3D de esa misma zona geográfica, figura 4.

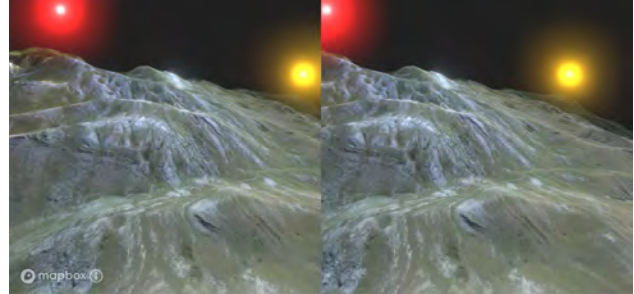


Figure 3: Visualización 3D de un Mapa



Figure 4: Objeto tangible impreso en 3D del mapa visualizada

### Trabajo relacionado

Además de los diferentes tecnologías usadas en el proyecto o creadas para interactuar en realidad virtual: sensores capacitivos [2], impresión 3D [3][4], y dispositivos hápticos [1]; también se esta investigando como mejorar la interacción de tacto [5] y como usar el espacio físico en el que se sitúan los usuarios de realidad virtual [6].

### REFERENCIAS

- [1] C. Pacchierotti, S. Sinclair, M. Solazzi, A. Frisoli, V. Hayward, et al. Wearable Haptic Systems for the Fingertip and the Hand: Taxonomy, Review, and Perspectives. *IEEE Transactions on Haptics (ToH)*, IEEE, 2017, 10 (4).
- [2] T. Grosse-Puppenthal, C. Holz, G. Cohn, R. Wimmer, O. Bechtold, S. Hodges, M. S. Reynolds, J. R. Smith. 2017. Finding Common Ground: A Survey of Capacitive Sensing in Human-Computer Interaction. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '17)*.
- [3] M. Schmitz, M. Khalilbeigi, M. Balwier, R. Lissermann, M. Muhlhauser, and J. Steimle. 2015. Capricate: A Fabrication Pipeline to Design and 3D Print Capacitive Touch Sensors for Interactive Objects. In *Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology (UIST '15)*.
- [4] M. Schmitz, J. Steimle, J. Huber, N. Dezfouli, Mühlhäuser. Flexibles: Deformation-Aware 3D-Printed Tangibles for Capacitive Touchscreens In *Proceedings of CHI'17*.
- [5] M. Sato, I. Poupyrev, and C. Harrison. 2012. Touche: enhancing touch interaction on humans, screens, liquids, and everyday objects. In *Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '12*.
- [6] S. Marweck, M. Brehm, L. Wagner, L. Cheng, F. Mueller and P. Baudisch. VirtualSpace: Overloading Multiple Virtual Reality Users into the Same Physical Space in *Proceedings of CHI'18*.

**MyoArm: Control remoto de brazo robótico con EMG**

Alfonso Pérez-Rodríguez, Manuel Domínguez-Morales, Ángel Jiménez-Fernández and Alejandro Linares-Barranco.

**Abstract:** El trabajo expuesto a continuación se corresponde con un trabajo fin de grado y consiste en el diseño e implementación de un brazo robótico controlado remotamente a través de la información EMG recibida del brazo del usuario. Este proyecto tiene, como principal propósito, la creación de una alternativa económica a las prótesis activas no invasivas que existen en la actualidad. La prótesis presentada posee las mismas funcionalidades básicas que una prótesis comercial, pero a un precio mucho más asequible. Para poder realizar todas las funciones que una articulación normal, el brazo robótico cuenta con varios elementos: cuerdas que simulan tendones y permiten el movimiento de los dedos, engranajes que permiten el giro de la muñeca y motores, los cuales son capaces de generar el movimiento en función de los datos extraídos del brazalete. El brazalete es el encargado de transmitir la información de la mano al brazo robótico a través de un módulo inalámbrico que lo conecta con el ordenador, donde la señal que extrae el brazalete pasa por un proceso de filtrado para quedarnos con la información que nos interesa y transmitirla mediante Puerto serie a un microcontrolador, que será el encargado de mover los motores según las señales que reciba. Para evitar errores en la medida de los sensores, la información recibida por el pc proveniente del brazalete pasa un proceso de entrenamiento mediante redes neuronales antes de ser enviada al brazo robótico.

Notes/Notas:



# MyoArm: Control remoto de brazo robótico con EMG

Alfonso Pérez-Rodríguez  
Arquitectura y Tecnología de  
Computadores  
Universidad de Sevilla  
Sevilla (España)

Manuel Domínguez  
Morales<sup>†</sup>  
Arquitectura y Tecnología de  
Computadores  
Universidad de Sevilla  
Sevilla (España)  
mjdominguez@us.es

Ángel Jiménez-Fernández  
Arquitectura y Tecnología de  
Computadores  
Universidad de Sevilla  
Sevilla (España)  
angel@us.es

Alejandro Linares-  
Barranco  
Arquitectura y Tecnología de  
Computadores  
Universidad de Sevilla  
Sevilla (España)  
alinares@us.es

## RESUMEN

El trabajo consiste en el diseño e implementación de un brazo robótico controlado remotamente a través de la información EMG del brazo del usuario. El principal propósito es la creación de una alternativa económica a las prótesis activas no invasivas que existen en la actualidad. El brazo robótico cuenta con cuerdas que simulan tendones y permiten el movimiento de los dedos, engranajes que permiten el giro de la muñeca y motores. El brazalete envía la información a través de un módulo inalámbrico que lo conecta con el ordenador, donde la señal que extrae el brazalete pasa por un proceso de filtrado para quedarnos con la información que nos interesa y transmitirla mediante a un microcontrolador, que será el encargado de mover los motores según las señales que reciba. La información recibida por el pc pasa a un proceso de entrenamiento mediante redes neuronales.

## PALABRAS CLAVE

Redes neuronales, Exoesqueleto, Protésica, EMG.

## 1 Introducción y objetivos

La prótesis ha sufrido una evolución larga, desde sus comienzos primitivos hasta la sofisticación de las actuales soluciones [1]. Ha habido muchos perfeccionamientos desde las primeras patas de palo y los primeros ganchos de mano, y el resultado ha sido la fijación y el moldeado altamente personalizados que se encuentran en los dispositivos actuales [2].

La Biónica ha tenido un gran desarrollo en países como Alemania, Japón, Estados Unidos y Reino Unido. En Estados Unidos, 1.6 millones de personas conviven con una amputación. Según la Agencia para la Investigación y la Calidad del Cuidado de la Salud (AHRQ), cada año se hacen 113000 amputaciones.

El objetivo principal de este trabajo es la creación de una prótesis económica activa y no invasiva [3]. El usuario la podrá manejar mediante un brazalete, el cual lleva integrado varios sensores. Dicho brazalete, se colocará en el brazo del usuario y leerá los parámetros de las terminaciones musculares residentes del muñón del usuario, transmitiéndoselas a un microprocesador que moverá la prótesis.

## 2 Metodología

El sistema está dividido en tres partes (ver Figura 1): el brazalete Myo, el ordenador y el microcontrolador con el brazo; pueden distinguirse por colores en la Figura 2. La comunicación entre brazalete y pc se realiza mediante bluetooth, y entre pc con el brazo por USB.

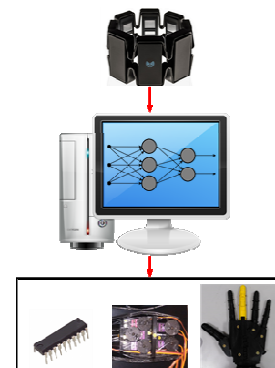


Figura 1: Arquitectura del sistema.

El brazalete se envía la información obtenida de los sensores al ordenador. En éste se ejecuta una aplicación de filtrado de la señal. Una vez la señal ha sido filtrada, se transmite al microcontrolador, que se encarga del movimiento del brazo [4-5] (ver Figura 2).

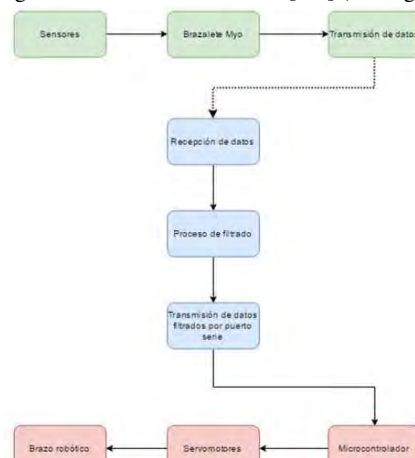


Figura 2: Funcionamiento del sistema



Los sensores del brazalete son: Sensores de electromiografía, Acelerómetro y Giróscopo.

En el pc se ejecuta una aplicación donde se reciben los datos y se realiza un entrenamiento mediante una red neuronal (ver Figura 3) para ser capaz de discretizar la información a aportar al brazo; de esta forma, el sistema requiere un proceso de entrenamiento y una gran cantidad de datos para entrenar. El resultado de ésta (ver Figura 3) se transforma en movimientos de los motores para el brazo, enviados por puerto serie a un microcontrolador. El brazo se imita los movimientos del usuario mediante servomotores [6].

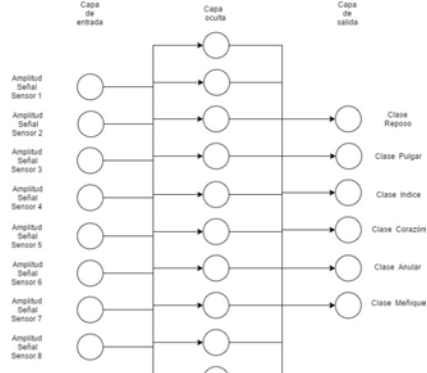


Figura 3: Estructura de la red neuronal.

### 3 Resultados y Discusión

La máquina de estados del funcionamiento del sistema de entrenamiento y predicción puede visualizarse en la Figura 4.

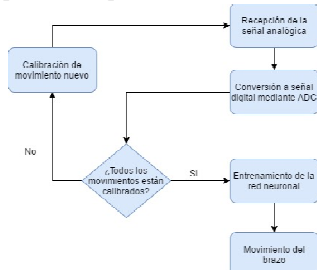


Figura 4: Entrenamiento de la red neuronal y estimación del movimiento realizado.

Se recibe la señal analógica de los electrodos colocados en el brazalete y es enviada al pc, que comienza el proceso de calibración. Tras dicha etapa, el sistema está listo para funcionar de manera autónoma; y, tras la detección de los movimientos, el ordenador envía los comandos concretos al microcontrolador que controla el brazo robótico.

La estructura de la red neuronal del sistema se compone por una capa de entrada, una de salida y una capa oculta (ver Figura 3).

Por otro lado, la aplicación desarrollada, encargada de la comunicación y el entrenamiento, se ha llevado a cabo en C# bajo el entorno Visual Studio; utilizando el motor FANN para la creación, entrenamiento y predicción de la red neuronal. La aplicación permite visualizar la información de los biopotenciales en tiempo real, forzar el entrenamiento de la red y permitir la comunicación con el brazo (ver Figura 5).



Figura 5: Aplicación de usuario

Durante la fase de testeo, se realizaron de tres tipos de pruebas: pruebas de integración del sistema para comprobar el correcto funcionamiento de todas las partes desarrolladas; porcentajes de acierto para varios sujetos y en múltiples ocasiones (los resultados del entrenamiento no bajaron en ningún caso del 85%); y finalmente se realizaron pruebas de usabilidad con los pacientes que habían servido de sujetos de prueba para la red neuronal.

### 4 Conclusiones

Tras la exposición, y a tenor de los resultados obtenidos, se han cumplido los objetivos planteados: se ha diseñado, integrado y testado un sistema basado en el movimiento de un brazo robótico a través de la lectura de los sensores EMG del brazalete Myo [8] y el entrenamiento mediante redes neuronales.

El porcentaje de éxito tras el entrenamiento y testeo con 8 sujetos no disminuyó en ningún caso del 85%; estando la media por encima del 90% de éxito en la clasificación del sistema neuronal. Los resultados son satisfactorios.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido desarrollado y financiado dentro del grupo de investigación TEP-108: Robótica y Tecnología de Computadores de la Universidad de Sevilla.

### REFERENCIAS

- [1] CIANCIO, Anna Lisa, et al. Control of prosthetic hands via the peripheral nervous system. *Frontiers in neuroscience*, 2016, vol. 10, p. 116.
- [2] GANIEV, Asilbek; et al. Study on virtual control of a robotic arm via a myo armband for the selfmanipulation of a hand amputee. *Int. J. Appl. Eng. Res.*, 2016, vol. 11, no 2, p. 775-782.
- [3] SHIN, Ho-Sun; et al. Design of a Virtual Robotic Arm based on the EMG variation. *Proc. ASTL*, 2015.
- [4] InMoov robot. URL: <http://inmoov.fr>, License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/legalcode>, 2014. [http://www.amputee-coalition.org/spanish/inmotion/nov\\_dec\\_07/history\\_prosthetics.x96942.pdf](http://www.amputee-coalition.org/spanish/inmotion/nov_dec_07/history_prosthetics.x96942.pdf)
- [5] ESCRIBÀ MONTAGUT, Gerard, et al. Inmoov robot: building of the first open source 3D printed life-size robot. 2016. Tesis de Licenciatura.
- [6] BOYALI, Ali; et al. Hand posture and gesture recognition using MYO armband and spectral collaborative representation based classification. *Consumer Electronics (GCCE), 2015 IEEE Global Conference on. IEEE*, 2015. p. 200-201.
- [7] YANG, Chenguang, et al. Teleoperated robot writing using emg signals. *En Information and Automation, 2015 IEEE International Conference on. IEEE*, 2015. p. 2264-2269.
- [8] SATHIYANARAYANAN, Mithileysh; et al. MYO Armband for physiotherapy healthcare: A case study using gesture recognition application. *En Communication Systems and Networks (COMSNETS), 2016 8th International Conference on. IEEE*, 2016. p. 1-6.

**GAMEXO: Exoesqueleto para ayuda de pacientes con movilidad reducida mediante técnicas de gamificación**

José Miguel Domínguez-Bobillo, Manuel Domínguez-Morales, Lourdes Miró-Amarante and Antón Civit-Balcells.

**Abstract:** Este proyecto se corresponde con un desarrollo realizado como trabajo fin de máster y consiste, en primera instancia, en el diseño y control de un prototipo de exoesqueleto para su utilización en personas con movilidad reducida en brazos y manos. Como segundo objetivo, se hace uso del sistema hardware desarrollado para interactuar con un juego de ordenador (desarrollado íntegramente) con el fin de entrenar a pacientes con distintos grados de ejercicios y esfuerzos para ayudar en las tareas de recuperación del movimiento y aumentar así la movilidad de estas partes del cuerpo ante mencionadas. Para realizar estas funciones, el prototipo está formado por: una exo-mano que permite mover los dedos del usuario gracias al uso de motores, un exo-brazo que cuenta con un motor en el codo que ayuda al movimiento del brazo y una aplicación software con el que el usuario interactúa con el exoesqueleto y permite el entrenamiento y recolección de datos de éste. La exo-mano es capaz de imitar los movimientos de la mano del usuario a partir de un sensor que mide el grado de actividad del músculo de la mano, mientras que el exo-brazo calcula el grado de curvatura en función de su posición. Los componentes hardware del prototipo se interconectan con las aplicaciones software gracias al microcontrolador conectado al puerto serie del PC. La aplicación software está formada por dos juegos en los que cada uno entrena una parte diferente: un juego estilo Pong con el que el usuario entrena el movimiento del brazo y en función de su grado de movilidad, el exo-brazo se adapta para ofrecer mayor o menor ayuda, y un juego con el que entrena el movimiento tanto del brazo como de la mano, en el que la exo-mano se adapta al grado de movilidad de la mano.

Notes/Notas:

# GAMEXO: Exoesqueleto para ayuda de pacientes con movilidad reducida mediante técnicas de gamificación

José Miguel Domínguez-  
Bobillo  
Arquitectura y Tecnología de  
Computadores  
Universidad de Sevilla  
Sevilla (España)

Manuel Domínguez-  
Morales<sup>†</sup>  
Arquitectura y Tecnología de  
Computadores  
Universidad de Sevilla  
Sevilla (España)  
mjdominguez@us.es

Lourdes Miró-Amarante  
Arquitectura y Tecnología de  
Computadores  
Universidad de Sevilla  
Sevilla (España)  
lmiro@us.es

Antón Civit-Balcells  
Arquitectura y Tecnología de  
Computadores  
Universidad de Sevilla  
Sevilla (España)  
civit@us.es

## RESUMEN

Este proyecto consiste en el diseño y control de un prototipo de exoesqueleto para su utilización en personas con movilidad reducida en brazos y manos. Además, se hace uso del sistema hardware para interactuar con un juego de ordenador, con el fin de entrenar a pacientes con distintos grados de ejercicios y esfuerzos para ayudar en las tareas de recuperación del movimiento y aumentar así la movilidad de estas partes del cuerpo ante mencionadas. El prototipo está formado por: una exo-mano que permite mover los dedos del usuario, un exo-brazo que cuenta con un motor en el codo que ayuda al movimiento del brazo. La exo-mano es capaz de imitar los movimientos de la mano del usuario a partir de un sensor que mide el grado de actividad del músculo de la mano, mientras que el exo-brazo calcula el grado de curvatura en función de su posición. El prototipo se interconecta con las aplicaciones gracias al microcontrolador conectado al puerto serie del PC. La aplicación software está formada por dos juegos en los que cada uno entrena una parte diferente.

## PALABRAS CLAVE

Rehabilitación, gamificación, exoesqueleto.

## 1 Introducción y objetivos

Buena parte de la población mundial sufre de accidentes o posee enfermedades que le provocan pérdida de movilidad parcial o total en partes de su cuerpo: va en aumento desde hace años, y la medicina trata de solucionarlo mediante diagnósticos y terapias. Existe una rama enfocada en estos problemas: fisioterapia [1]. La fisioterapia es considerada una rama reciente, pero que lleva un largo recorrido de investigaciones.

El objetivo de este trabajo es la creación de un prototipo funcional de las partes de un exoesqueleto asociadas a las manos y a los brazos [2]. Con ello, se busca ofrecer apoyo a personas con movilidad reducida. Más allá de la herramienta hardware, se incluye el diseño de un juego que ayudará al paciente en las tareas de rehabilitación utilizando técnicas de gamificación [3].

El proyecto se encuentra dividido en dos partes (software y hardware), y en cada una de ellas se han seguido unos objetivos para llevar a cabo tanto la finalización del prototipo hardware del

exoesqueleto como el software utilizado para interactuar con él. Las partes de exoesqueleto a implementar en el prototipo son las que se utilizan para las partes de las manos y de los brazos. Por lo que, es necesario construir ambas partes y conectar los sensores y motores. Será necesario desarrollar un exo-brazo [4] que sea ergonómico y permita una fácil colocación para el usuario. Igualmente, será necesaria la creación de una exo-mano [5], que debe permitir la movilidad de la mano y los dedos. Se utilizará un microcontrolador para hacer uso de sensores y controlar las dos partes del exoesqueleto. Se desarrollará una aplicación (juego) que permitirá su control mediante el uso del exoesqueleto y será capaz de enviarle información posicional de los movimientos del usuario. Deberá ofrecer ayuda al usuario en función de la movilidad que posea.

## 2 Metodología

La arquitectura del sistema (ver Figura 1) está dividida en dos partes: el exoesqueleto y la aplicación software. Ambas partes están comunicadas mediante una conexión serie.

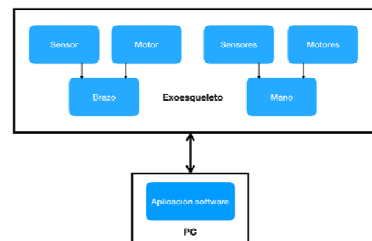


Figura 1: Arquitectura del sistema.

El exoesqueleto controla el movimiento dentro del juego, por lo que es el encargado de enviar la información al juego para que sepa el movimiento que debe realizar.

El juego presenta distintas modalidades, y eso afecta a la forma de transmisión de datos, ya que existe un modo automático para ayudar a usuarios que apenas puedan mover los brazos; por lo que, en función del modo de juego, la transmisión de datos puede ser en un único sentido o en dos. La transmisión de datos entre el exoesqueleto y el juego es realizada a través del puerto serie mediante la conexión del microcontrolador al PC.

El microcontrolador es el encargado del control y funcionamiento del exoesqueleto; así como del envío y recepción de datos a través del puerto serie. La parte del exoesqueleto relacionada con el brazo es la encargada del control del movimiento del codo, por lo que permite detectar la posición en la que se encuentra el brazo del usuario y a su vez permite ayudar en el movimiento gracias al servomotor. Los componentes utilizados en el brazo han sido: Exo-brazo 3D (ver Figura 2-i), Sensor de fuerza (FSR), Sensor EMG, Servomotor.



Figura 2: (izquierda)Exo-brazo, (derecha) Exo-mano.

La parte del exoesqueleto de la mano es la encargada del control del movimiento de los dedos de la mano, por lo que cuenta con motores en cada dedo para su movimiento y un sensor para controlar el movimiento de ellos [6]. Componentes utilizados: Exo-mano 3D (Figura 2-d), Motores DC, Sensor EMG, Puentes en H. El juego está desarrollado con el motor Unity e integra dos juegos en uno: en el primero se prueba la funcionalidad de apoyo al movimiento para personas con poca movilidad; y, el segundo, está pensado para personas que poseen una mayor movilidad. La conexión entre micro y pc se realiza mediante puerto serie.

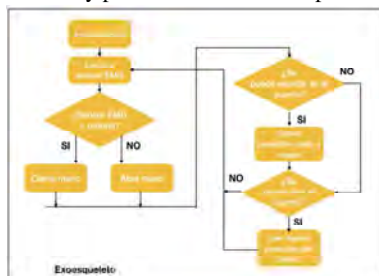


Figura 3: Esquema de funcionamiento del sistema de ayuda a la movilidad junto con la comunicación con el pc.

### 3 Resultados y Discusión

Tras el desarrollo, se presentan a continuación las aplicaciones desarrolladas, así como las pruebas realizadas sobre las mismas. En primera instancia, cabe destacar el esquema de funcionamiento y comunicación del sistema empotrado con el ordenador de propósito general (ver Figura 3).

En primera instancia y haciendo únicamente uso del exo-brazo, se desarrolló un videojuego similar al Pong (ver Figura 4-i), en el que el usuario debe estirar y contraer el brazo para mover la plataforma y, de dicha forma, impedir que la pelota toque el suelo.

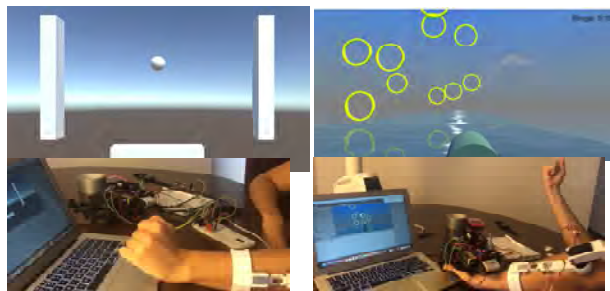


Figura 4: (izquierda) Juego Pong, (derecha) juego anillos.

De igual forma, se desarrolló un segundo videojuego que integrara el movimiento del brazo y de la mano: consiste en un cañón que dispara bolas y se deben encestar en los anillos que van apareciendo por el aire (ver Figura 4-d). Mediante el movimiento del brazo se puede subir y bajar el cañón; y, mediante el cierre de la mano se dispara una bola.

### 4 Conclusiones

Se ha diseñado, fabricado, montado y testeado un exoesqueleto de mano y otro de brazo. Se ha integrado un microcontrolador para controlar los movimientos del paciente y ayudar en el proceso de movilidad. Se le ha añadido al microcontrolador la funcionalidad de comunicarse con el ordenador de propósito general con el fin de enviar la información del movimiento del paciente y poder integrarlo con la aplicación de pc. Se han desarrollado dos videojuegos para que el usuario ejercite el movimiento de brazo y mano a medida que avanza en los juegos.

Se le han dado funcionalidades al sistema para poder ser tratado como mecanismo de rehabilitación y ejercitación para pacientes con reducción de movilidad en brazo y mano.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido desarrollado y financiado dentro del grupo de investigación TEP-108: Robótica y Tecnología de Computadores de la Universidad de Sevilla.

### REFERENCIAS

- [1] BAGNALL, David L. Psychiatry: What's the end game?. PM&R, 2010, vol. 2, no 1, p. 3-5.
- [2] BACKUS, Spencer B.; et al. Design of hands for aerial manipulation: Actuator number and routing for grasping and perching. En Intelligent Robots and Systems (IROS 2014), p. 34-40.
- [3] KONTADAKIS, Gregory, et al. Gamified platform for rehabilitation after total knee replacement surgery employing low cost and portable inertial measurement sensor node. Multimedia Tools and Applications, 2018, p. 1-28.
- [4] MANGUERRA, Michael V., et al. Active Motor Control for an Upper Extremity Exoskeleton. Advanced Science Letters, 2018, vol. 24, no 11, p. 8837-8840.
- [5] KOMAROVA, SOFYA. Design a solution and a prototype for hand rehabilitation after trauma injuries and post stroke. 2018.
- [6] LEÓN, Rodríguez; FREDDY, Jhon. Diseño y validación experimental de un dispositivo de rehabilitación adaptable para los dedos de la mano: DRAM. 2018.
- [7] GREENEMEIER, Larry. Robotic Exoskeletons from Cyberdyne Could Help Workers Clean Up Fukushima Nuclear Mess. Scientific American, 2011, vol. 9, no 11, p. 11.

**Control remoto de vehículo mediante gestos**

Jesús Checa-Chaves, Manuel Domínguez-Morales, Antonio Rios-Navarro, Juan Pedro Domínguez-Morales and Francisco Gómez-Rodríguez.

**Abstract:** Este trabajo fin de grado consiste en la realización de un sistema, el cual pueda controlar un dispositivo a control remoto a través de gestos realizados por el usuario, solo utilizando sus manos, gracias al dispositivo Leap Motion. Este dispositivo permite la observación de las manos del usuario de forma que puedan obtenerse las posiciones y orientación de sus manos en un plano (X, Y, Z). Este manuscrito pretende plasmar con detenimiento el seguimiento del desarrollo del proyecto, exponiendo la descripción de las características técnicas del dispositivo que se ha utilizado, herramientas software y hardware implementadas, especificaciones del diseño y pruebas realizadas durante el desarrollo.

Notes/Notas:



# Control remoto de vehículo mediante gestos

Jesús Checa-Chaves  
Arquitectura y  
Tecnología de  
Computadores  
Universidad de Sevilla  
Sevilla (España)  
email@email.com

Manuel Domínguez  
Morales<sup>†</sup>  
Arquitectura y  
Tecnología de  
Computadores  
Universidad de Sevilla  
Sevilla (España)  
mjdominguez@us.es

Antonio Ríos-  
Navarro  
Arquitectura y  
Tecnología de  
Computadores  
Universidad de Sevilla  
Sevilla (España)  
arios@atc.us.es

Juan P. Domínguez-  
Morales  
Arquitectura y  
Tecnología de  
Computadores  
Universidad de Sevilla  
Sevilla (España)  
jpdominguez@atc.us.es

Francisco Gómez-  
Rodríguez  
Arquitectura y  
Tecnología de  
Computadores  
Universidad de Sevilla  
Sevilla (España)  
gomezroz@us.es

## RESUMEN

Este trabajo consiste en la realización de un sistema, el cual pueda controlar un dispositivo a control remoto a través de gestos realizados por el usuario, solo utilizando sus manos, gracias al dispositivo Leap Motion. Este dispositivo permite la observación de las manos del usuario de forma que puedan obtenerse las posiciones y orientación de sus manos en un plano (X, Y, Z). Este artículo pretende plasmar con detenimiento el seguimiento del desarrollo del proyecto, exponiendo la descripción de las características técnicas del dispositivo que se ha utilizado, herramientas software y hardware implementadas, especificaciones del diseño y pruebas realizadas durante el desarrollo.

## PALABRAS CLAVE

Control, gestos, vehículo, Leap Motion.

## 1 Introducción y objetivos

En la actualidad se aprecia un salto importante en la aplicación de las nuevas tecnologías al ámbito de la automoción. En la búsqueda del avance y la facilidad de interacción entre el usuario y estos vehículos controlados remotamente es donde se orienta este proyecto. En el extremo de la usabilidad para el usuario nos podemos encontrar con el control sin ningún tipo de mando o emisora, sino con el simple movimiento de la mano.

Leap Motion [1] es un dispositivo que permite la obtención de información de movimiento del usuario, lo cual abre un enorme abanico de posibilidades gracias a la facilidad de obtención de dicha información. Lo que aquí se expone es realizar el tratamiento de la información en el ordenador (puesto que la librería del dispositivo así lo obliga), pero la información será procesada en base a un entrenamiento de determinados patrones; y, finalmente, será enviada inalámbricamente a un vehículo [2]. Este dispositivo, realizará determinadas acciones en base a la información enviada. El proyecto consta de la realización de un sistema, en el cual, gracias a los datos de las manos del usuario, obtenidos a través del Leap Motion, sea capaz de enviar a un

vehículo la información de diversos comandos con los que poder realizar el manejo de éste.

Más detalladamente, los diversos objetivos del proyecto pueden dividirse en (ver Figura 1):

- La realización de un programa de usuario para el control con gestos utilizando las librerías de Leap Motion [3].
- Realización de la comunicación entre el equipo y el vehículo mediante Bluetooth.
- Diseño, construcción e implementación del vehículo.

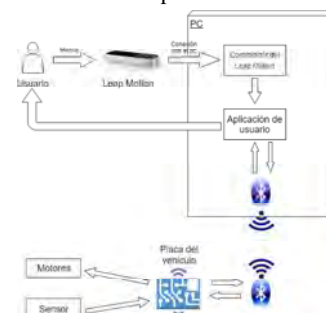


Figura 1: Arquitectura del sistema.

## 2 Detección de patrones

El usuario interactúa con sus manos con el dispositivo, lo cual consiste en la colocación de las mismas sobre el dispositivo Leap Motion que, gracias a su fusión de sensores de ultrasonido e infrarrojo, así como su pre-procesado interno, capta los objetos que recorran su espacio y los asimila a la forma de las manos para obtener de dicha información la posición de dedos y muñecas. Toda la información captada por éste pasa al controlador, que está instalado en el ordenador, y se comunica por un socket interno con la aplicación de escritorio. Ésta procesa esos datos y los utiliza para mostrárselos al usuario y enviarlos por Bluetooth.

La aplicación de usuario se ha desarrollado en C# bajo Visual Studio [4] e incorpora la funcionalidad de comunicación con el dispositivo. Así pues, una vez realizada esta conexión, la información es recibida en "frames", se extraen los diversos patrones detectados y, en base, al posicionamiento en el espacio de los dedos y de la mano se generan los eventos correspondientes que desembocarán en el control remoto del vehículo. En la Figura

2 se puede apreciar una captura de la aplicación desarrollada, así como las funcionalidades que integra en la misma. Posteriormente se podrá observar, en la siguiente sección, el vehículo desarrollado para este proyecto que incluye, además del control remoto, un sensor de proximidad que envía información en sentido contrario a la aplicación y es representada en la misma.



Figura 2: Aplicación de escritorio que detecta gestos y se comunica con el vehículo remoto.

Se integra un control asíncrono tipo handshake [5] para certificar la recepción de cada trama en el vehículo. El esquema de la trama que se envía tiene la estructura “[Vel-Dir,Pos]”, donde:

- “[“ y “]” son el inicio y fin de la trama, y “,” el delimitador de datos.
- Vel es el dato de la velocidad de movimiento del motor de tracción (en porcentaje): 3 bytes.
- Dir es un carácter para representar el valor de la dirección de la rueda izquierda: ‘A’ adelante o ‘B’ atrás.
- Pos equivale a la posición del motor de dirección.

### 3 Diseño del vehículo

Para probar la fiabilidad del sistema, es indispensable usar un vehículo de control remoto. Pero, debido al protocolo propietario de los vehículos comerciales, se implementó uno propio [6]. El vehículo está formado por un motor de tracción, un motor de dirección, un microcontrolador con placa de puente en, módem bluetooth, alimentación externa y sensor de ultrasonido (ver Figura 3)

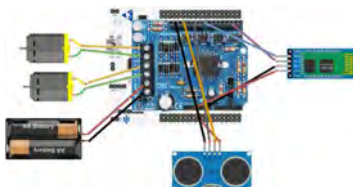


Figura 3: Conexión electrónica del vehículo.

El firmware integrado en el microcontrolador puede resumirse en la máquina de estados representada en la Figura 4. Finalmente, la integración del firmware indicado en el circuito electrónico de la Figura 3, así como su acoplamiento al vehículo en sí, da lugar al resultado final que puede ser apreciado en la Figura 5.

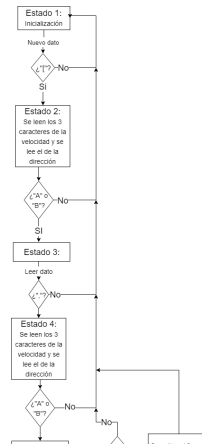


Figura 4: Firmware del microcontrolador.



Figura 5: Montaje final.

## 4 Resultados y Discusión

El primero de los objetivos era la realización de una aplicación para detección de las manos y envío a un sistema hardware. Esto se completó, detectando patrones de las manos a través de la API de Leap Motion y mediante una comunicación serie inalámbrica. El objetivo de control del vehículo también se implementó completamente, usando como base del vehículo una ST Núcleo F411RE, que integra un módulo bluetooth: ésta recibe y procesa la información y la ejecuta a través de una placa de expansión para control de motores. También se realizó un tratamiento para la correcta recepción de la información mediante máquinas de estado. Por otro lado, se añadió la funcionalidad adicional para la detección de obstáculos, incluyendo un gesto adicional para la detención.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido desarrollado y financiado dentro del grupo de investigación TEP-108: Robótica y Tecnología de Computadores de la Universidad de Sevilla.

## REFERENCIAS

- [1] Motion, Leap. "Leap motion." San Francisco, CA, USA (2015).
- [2] Suman, Michael J., et al. "Vehicle communication and remote control system." U.S. Patent No. 6,028,537. 22 Feb. 2000.
- [3] Spiegelmock, Mischa. Leap motion development essentials. Packt Publishing Ltd, 2013.
- [4] Studio, Visual. "Visual Studio." Microsoft,[Online]. Available: <https://visualstudio.microsoft.com/>, [Accessed 11 June 2018] (2011).
- [5] Adusumilli, Vijaya Pratap, et al. "DMA handshake protocol." U.S. Patent No. 6,701,405. 2 Mar. 2004.
- [6] Fong, Terrence W., et al. "Novel interfaces for remote driving: gesture, haptic, and PDA." *Mobile Robots XV and Telem manipulator and Telepresence Technologies VII*. Vol. 4195. International Society for Optics and Photonics, 2001.

**Control de ratón mediante movimiento de iris**

Alfonso Romero-Rodríguez, Manuel Domínguez-Morales, Manuel Rivas-Pérez and Ángel Jiménez-Fernández.

**Abstract:** La detección de caras y de características faciales utilizando visión artificial tiene muchas aplicaciones. Éstas van, desde el análisis de características simples, a características más complejas cómo la detección de la boca, o incluso a la interpretación del habla. También mencionar tareas del análisis holístico, como reconocimiento de rostro o clasificación de género. Aunque los seres humanos realizamos estas tareas incontables veces al día, y con poco esfuerzo, esto supone un gran reto para la visión artificial. En este documento trataremos el problema de la detección de rostros en tiempo real, con el objetivo de la localización de los ojos y, aún más específicamente, de medir sus movimientos. Este documento, relativo a los resultados de un trabajo fin de grado, comprende el proceso de desarrollo de un software, diseñado para que una persona con discapacidades motrices pueda manipular el puntero del ratón de su ordenador personal utilizando una cámara web que, tomando como base las imágenes que obtiene, capture los movimientos y gestos del rostro del usuario. Las cámaras web actuales soportan buenas resoluciones, y velocidades de transferencia lo suficientemente altas como para poder realizar una interpretación adecuada del movimiento de los elementos que hay en ellas. El análisis de la variación o variaciones de posición de los elementos desde una imagen analizada a la siguiente nos permite extraer una correspondencia entre el movimiento observado en la imagen y hacer una traducción hacia movimientos en el cursor del ordenador. Para la captura del movimiento el programa utiliza clasificadores de objetos de Haar para detectar la cara, y posteriormente, los ojos. Una vez detectados se le somete a una serie de funciones de procesamiento de imágenes para determinar el estado de cada ojo (abierto o cerrado). Finalmente se utiliza esta información para controlar la posición y acciones del puntero del ratón.

Notes/Notas:



# Control de ratón mediante movimiento de iris

Alfonso Romero-Rodríguez  
Arquitectura y Tecnología de  
Computadores  
Universidad de Sevilla  
Sevilla (España)

Manuel Domínguez-  
Morales<sup>†</sup>  
Arquitectura y Tecnología de  
Computadores  
Universidad de Sevilla  
Sevilla (España)  
mjdominguez@us.es

Manuel Rivas-Pérez  
Arquitectura y Tecnología de  
Computadores  
Universidad de Sevilla  
Sevilla (España)  
mrivas@us.es

Ángel Jiménez-Fernández  
Arquitectura y Tecnología de  
Computadores  
Universidad de Sevilla  
Sevilla (España)  
angel@us.es

## RESUMEN

La detección de caras y de características faciales utilizando técnicas de visión artificial tiene muchas aplicaciones útiles. Aunque los seres humanos realizamos estas tareas incontables veces al día, y con poco esfuerzo, esto supone un gran reto para la visión artificial. En este documento trataremos el problema de la detección de rostros en imágenes en tiempo real, con el objetivo específico de la localización de los ojos y, aún más específicamente, de medir sus movimientos. Este documento comprende el proceso de desarrollo de un software, diseñado para que una persona con discapacidades motrices pueda manipular el puntero del ratón de su ordenador personal utilizando una cámara web que, tomando como base las imágenes que obtiene, capture los movimientos y gestos del rostro del usuario.

## PALABRAS CLAVE

Visión artificial, Control, Iris, Discapacidad.

## 1 Introducción y objetivos

En la sociedad actual los pcs se han convertido en herramientas imprescindibles para cualquier actividad. Las discapacidades motrices suponen en multitud de casos un impedimento total para los afectados en su interacción diaria con la sociedad. Se han realizado esfuerzos por facilitar la accesibilidad, como la iniciativa WAI del organismo W3C [1]. Igualmente, la síntesis de voz [2] y su traslación a texto, interpretación de los impulsos nerviosos, teclados predictivos, etc. son algunas de las herramientas que han conseguido diversas facilidades. La visión artificial [3] realiza un proceso similar al de la visión humana; con diferencias en la adquisición de imágenes, uso de cámara, y la inteligencia tras el sistema de adquisición. Combinando la visión artificial con dispositivos de obtención de imagen, surgen los “head trackers” (seguidores de cabeza).

En este contexto, vamos a intentar ir un paso más allá, para desarrollar una herramienta software capaz de, a partir de un dispositivo de obtención de imágenes genérico y de bajo coste como una cámara web, analizar el movimiento del iris del usuario para traducirlos en movimiento del cursor del ordenador.

Se incidirá en determinados aspectos que han ido surgiendo a medida que se desarrollaba el presente trabajo, tales como problemáticas e, incluso, un mecanismo hardware propio probado en las etapas finales de este trabajo.

## 2 Metodología

Para realizar una correcta identificación, se necesita partir de una buena imagen de muestra. La resolución de la imagen de la cámara web que hemos utilizado es VGA estándar (640 x 480). La muestra debe mantener los niveles de ruido lo más cerca del mínimo posible, siendo únicamente admisible el ruido inherente a la zona del ojo humano.

### 2.1. Localizar Iris

Dado que la información relevante para la aplicación está únicamente situada en la zona del iris, el objetivo en este paso es localizar y aislar esta zona de información en el conjunto de la imagen. El programa en esta sección ha de ocuparse de: Localizar el ojo, eliminar ruido, localizar el iris y actuar en consecuencia.

### 2.2. Mover cursor

Una vez se tiene localizada, e idealmente libre de ruido, la región del iris se puede proceder al análisis de los movimientos de este, y traducirlos en movimientos del cursor del ordenador. Para conseguir esto, ejecutaremos diversos tratamientos para conseguir comportamientos relacionados con el uso habitual del cursor del ordenador, cómo son el “clic” primario y el “clic” secundario.

## 3 Diseño

La obtención de la imagen, gracias a EmguCV [4], es una tarea trivial. Se puede observar en la Figura 1 el diagrama secuencial.

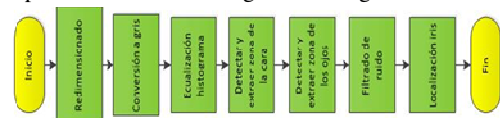


Figura 1. Sistema diseñado

Los pasos se describen a continuación:

- Redimensionado: se reduce el tamaño de la imagen.
- Histograma: Ayuda al detector circular de Hough en el momento de localizar el iris [5].
- Detección: uso del detector de contornos. Objetivo: descartar zonas. Siguiendo paso: ajustar región de interés. Para ello, uso de detectores en cascada Haar [6].
- Movimiento del cursor: 2 modos de operación para el movimiento: automático (movimiento relativo a la posición central) y calibrado (uso de puntos de calibración para movimiento más ajustado).

Además, se aplica reconocimiento del comportamiento de los ojos del usuario para realizar tareas adicionales al movimiento del cursor mediante el reconocimiento del iris. Estas funcionalidades adicionales son: hacer pausa en el reconocimiento del movimiento, y el poder hacer "clic" en el botón izquierdo y derecho del ratón.

#### 4 Hardware dedicado

No se obtienen tan buenos resultados con la detección del iris: esto es debido a que la cámara web no proporciona una resolución de imagen suficiente para poder distinguir los movimientos fluidos. Además, se experimentan muchos movimientos indeseados. Así pues, se decidió crear una personalización hardware tomando como base la misma tecnología que se había empleado hasta el momento: las cámaras web (ver Figura 2).



Figura 2. ATC-Glasses.

Al estar las cámaras más cerca, aumenta resolución y precisión. Además, al apuntar las cámaras de forma directa a la zona de los ojos del usuario, la discriminación de la zona de la cara y de los ojos que efectuábamos en el diseño original mediante los detectores en cascada de clasificadores de haar ya no son necesarias, dado que ya no hace falta encontrar las zonas en la escena. Se efectuaron las modificaciones en el software para adaptarlo: uso de 2 cámaras en vez de una, redefinición del tamaño de las zonas de interés, etc. Las modificaciones en este sentido se pueden observar en los diagramas de secuencia de diseño de las fases de la localización del iris, y del movimiento del cursor (ver Figura 3).

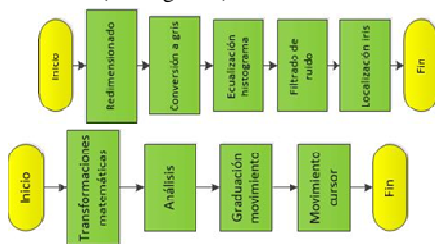


Figura 3. Localizar iris (arriba) y mover cursor (abajo).

#### 5 Resultados y Discusión

La solución óptima es encontrar un pequeño conjunto de descriptores de tipo haar que formen un clasificador efectivo. Para esto, Viola y Jones [7] modificaron el meta-algoritmo AdaBoost para seleccionar las características tipo haar y para entrenar el clasificador. El clasificador es entrenado usando un conjunto de imágenes positivas y negativas en varias etapas hasta conseguir un

clasificador efectivo. Para graduar cuánto movimiento hay que efectuar en el cursor del ratón, se estableció una equivalencia lineal entre diferencia de movimiento, y resolución de la pantalla.

En la versión con gafas, al disponer de resolución mayor, se decidió de distinguir los movimientos en 3 tipos: Cortos, Intermedios y Grandes (ver Figura 4).

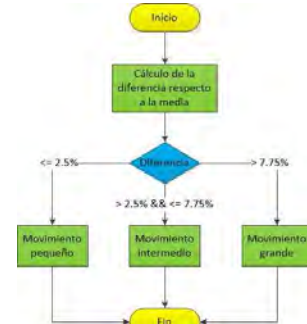


Figura 4. Detección de movimientos.

#### 4 Conclusiones

Con el uso combinado de un clasificador para la cara y otro para los ojos, salvo que las condiciones de luz sean muy desfavorables, se ha conseguido una detección inmediata y certera de las zonas de interés. El mecanismo de calibrado también se ha satisfecho completamente. Se ha aprovechado el uso de ambos ojos para incluir funcionalidades adicionales.

Se han aplicado metodologías estadísticas para intentar paliar los efectos de los movimientos sacádicos de los ojos para obtener movimientos más suaves y precisos. Sobre todo, en el modo de funcionamiento con ATC-Glasses; dado que, en este modo al tener una precisión mucho mayor sobre el movimiento de iris, permitía ejecutar estas técnicas con resultados más satisfactorios.

Como resumen, se han satisfecho los objetivos planteados al inicio del proyecto. Los resultados no son óptimos: funcionamiento aceptable con error admisible. Además, se han implementado características adicionales que mejoran la eficiencia del sistema.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido desarrollado y financiado dentro del grupo de investigación TEP-108: Robótica y Tecnología de Computadores de la Universidad de Sevilla.

#### REFERENCIAS

- [1] World Wide Web Consortium. "Accessible rich internet applications (WAI-ARIA) 1.0." (2014).
- [2] Mutsuno, Masahiro, and Toshiaki Fukada. "Text structure for voice synthesis, voice synthesis method, voice synthesis apparatus, and computer program thereof." U.S. Patent No. 7,487,093. 3 Feb. 2009.
- [3] Hartley, Richard, and Andrew Zisserman. Multiple view geometry in computer vision. Cambridge university press, 2003.
- [4] Shi, Shin. Emgu CV Essentials. Packt Publishing Ltd, 2013.
- [5] Jan, Farmanullah, et al. "Reliable iris localization using Hough transform, histogram-bisection, and eccentricity." Signal Processing 93.1 (2013): 230-241.
- [6] Monteiro, Gonçalo, Paulo Peixoto, and Urbano Nunes. "Vision-based pedestrian detection using Haar-like features." Robotica 24 (2006): 46-50.
- [7] Viola, Paul, and Michael J. Jones. "Robust real-time face detection." International journal of computer vision 57.2 (2004): 137-154.

**Manipulación de objetos con interfaces naturales de usuario**

Marc Viladegut, Juan E. Garrido, Toni Granollers and Oscar Lopez.

**Abstract:** El presente artículo muestra un trabajo de investigación focalizado en las posibilidades de manipular objetos, en este caso 3D, mediante interfaces naturales de usuario (NUI). Cuando se trata de interactuar con un objeto virtual, éste tiene que dar las mismas respuestas que daría un objeto en el mundo real cuando se aplican acciones sobre él. Con este fin, el prototipo principal desarrollado utilizará el sensor Astra Pro para ofrecer un mecanismo de interacción entre un objeto virtual y un usuario mediante métodos de seguimiento 3D en tiempo real. El uso de gestos será tenido en cuenta para enriquecer la interacción con el sistema.

Notes/Notas:



# Manipulación de objetos con interfaces naturales de usuario

Mark Viladegut  
Universitat de Lleida  
Lleida, España  
mva8@alumnes.udl.cat

Juan E. Garrido, Toni  
Granollers  
Grupo de investigación en Interacción  
Persona-Ordenador e Integración de  
Datos (GRIHO), Polytechnic Institute  
of Research and Innovation in  
Sustainability (INSPIRES)  
Universidad de Lleida  
Lleida, España  
{juanenrique.garrido,toni.granollers}@diei.udl.cat

Oscar Lopez  
Universitat de Lleida  
Lleida, España  
oll1@alumnes.udl.cat

## ABSTRACT

El presente artículo muestra un trabajo de investigación focalizado en las posibilidades de manipular objetos, en este caso 3D, mediante interfaces naturales de usuario (NUI). Cuando se trata de interactuar con un objeto virtual, tiene que dar las mismas respuestas que daría un objeto en el mundo real cuando se aplican acciones sobre él. Con este fin, el prototipo desarrollado utilizará el dispositivo de entrada Orbbec Astra Pro para ofrecer un mecanismo de interacción entre un objeto virtual y un usuario mediante métodos no invasivos de seguimiento 3D en tiempo real. El uso de gestos será tenido en cuenta para enriquecer la interacción con el sistema.

## KEYWORDS

Natural user interface, skeleton tracking, gesture recognition

## 1 INTRODUCCIÓN

En este artículo, se tiene como fin, presentar la fase inicial del desarrollo de un sistema cuyo objetivo principal es trabajar la manipulación de objetos 3D en un entorno virtual mediante interacción basada en movimiento con un dispositivo de nueva generación. En concreto, se pretende modificar la posición de un objeto situado en un escenario tridimensional (representado en una pantalla 2D), arrastrándolo y cogiéndolo, así como su forma, todo ello de manera no invasiva, es decir, sin la necesidad de que el usuario transporte en su cuerpo dispositivo alguno.

La interacción basada en movimiento permite al usuario controlar el sistema mediante movimientos de su cuerpo, en cualquier caso naturales, para un amplio rango de personas. Además, es posible analizar esos movimientos para, posteriormente, actuar en consecuencia. Detectar acciones del usuario o posturas son algunas de las ventajas que nos ofrece este tipo de interacción [1].

Con el paso del tiempo, la tecnología cambia y con ello, los sistemas de entrada y salida, dentro de los cuáles, los sensores son una parte importante del trabajo realizado en este artículo. En concreto, Kinect con un uso destacado en el pasado y presente [2][3], debido a que su evolución fue detenida, ha abierto la posibilidad y necesidad de analizar nuevos sensores de otros fabricantes que apuestan fuerte para seguir al frente del ámbito de la interacción no invasiva basada en movimiento. Aún así, y a pesar de los años, aún hay similitud entre una cámara de generación anterior como puede ser Kinect

y una de la generación actual como Orbbec Astra Pro<sup>1</sup> escogida para este proyecto. Con ello, resultados como los obtenidos en [4], demuestran que Kinect es reemplazable por Orbbec Astra Pro.

Una parte esencial a la hora de trabajar con una cámara 3D, es la que corresponde con el procesamiento de imágenes así como el seguimiento del usuario que interacciona y su reconocimiento facial y gestual. Para ello, se ha requerido de un estudio sobre las diferentes alternativas existentes. En concreto, se han tenido en cuenta la librería de programación OpenCV<sup>2</sup> y la SDK NuiTrack<sup>3</sup>, siendo esta última, la opción escogida para el proyecto presentado. Su elección proviene de las capacidades ofrecidas en el momento del estudio realizado así como de las fuentes accesibles para su uso y consulta. Pero un factor esencial para su elección fue su compatibilidad con sensores de diferentes fabricantes, lo cual, evidentemente, ofrece la posibilidad de utilizar otros sensores alternativos al utilizado actualmente y, de este modo, facilitar el enriquecimiento del sistema con nuevo hardware, sin necesidad de desechar el software utilizado y código generado.

El resto del artículo está organizado como sigue: la sección 2 presenta el prototipo y la Sección 3 contiene las conclusiones del trabajo realizado hasta el momento así como el trabajo futuro planteado.

## 2 DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN

Para la interacción con el prototipo se utilizará el sensor 3D con el que se hará un seguimiento y monitorización de todos los movimientos que realice el usuario situado delante del mismo. Como resultado se generará feedback dentro del entorno virtual del prototipo, ayudando al usuario en la manipulación del objeto 3D mediante sus movimientos. Únicamente se dispone del sensor (Figura 1-A), con el cual se llevará a cabo la interacción. La cámara, desde su posición, captará las acciones del usuario situado delante (Figura 1-B), debiendo ser la distancia entre el sensor y el usuario de 1,5 metros aproximadamente. Este requisito facilita una correcta experiencia, la cual vendrá determinada por la detección de sus extremidades superiores en todas las direcciones posibles sin salir del marco de detección del sensor (aproximadamente 0,8 metros). Para las acciones que realice el usuario, el sistema recibe los datos del sensor y, posteriormente, los transforma (una vez procesados) en feedback visual incorporado en el monitor disponible enfrente del usuario y

<sup>1</sup>Orbbec Astra Pro. <https://orbbec3d.com/product-astra-pro/>

<sup>2</sup>OpenCV. <https://opencv.org/>

<sup>3</sup>NuiTrack™SDK. <https://nuitrack.com/>

en la misma distancia que el sensor (Figura 1-C).



**Figure 1: Usuario interactuando con una de las primeras versiones del sistema**

Ambos módulos están siendo llevados a cabo sobre dos hilos paralelos donde su metodología de trabajo se basa en Diseño Centrado en el Usuario (DCU) y cuyos resultados serán utilizados al final del proceso iterativo. Cada iteración está formada por cuatro fases: (1) Análisis: determina, añade o modifica los objetivos al inicio de cada iteración; (2) Diseño: corresponde con el diseño de prototipos funcionales y no funcionales pudiendo mejorar la estructura y contenido del código ya creado pero sin alterar su funcionalidad; (3) Desarrollo: realización del prototipo mediante los resultados obtenidos en la iteración anterior o durante el ciclo actual; y (4) Evaluación: ejecución de pruebas por medio de sesiones tipo focus group.

### 3 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

A lo largo de este artículo se ha presentado la fase inicial de un proyecto centrado en la interacción basada en movimiento cuyo objetivo final es la manipulación de objetos en entornos 3D de manera no invasiva para el usuario. La manipulación supone, en este caso, modificar la posición, orientación y forma de un objeto por medio del uso del sensor Orbbec Astra Pro junto con la SDK NuiTrack, que permitirán a un usuario, interactuar a través del movimiento de sus manos. La descripción se ha centrado en la etapa inicial del proyecto, consistente en la investigación requerida sobre la elección del sensor así como de la creación del entorno 3D y la consecuente generación de las interfaces. Sin embargo, la principal tarea a destacar ha sido el trabajo realizado respecto a la interacción entre el usuario y el objeto tridimensional, lo cual implica dos procesos esenciales: monitorización y seguimiento de las articulaciones del usuario.

El desarrollo del prototipo supone una alternativa en el mundo de la interacción basada en movimiento sin elementos invasivos para el usuario, con una aportación destacable como es la compatibilidad con diferentes sensores. En este sentido, el desarrollo sobre el que se ha comenzado a trabajar y explorar, permite incorporar nuevas tecnologías sin necesidad de desechar la implementación realizada.

Este hecho ayuda a la hora de no limitar el uso del sistema en el tiempo, como actualmente ocurre con otras tecnologías tales como el uso del sensor Kinect, cuyo desarrollo se encuentra parado desde hace tiempo.

La interacción con un objeto tridimensional haciendo uso de articulaciones o extremidades del usuario, como las manos, permite elaborar entornos cuyo uso va más allá de la simple exploración de la manipulación de objetos. El resultado ayuda a conocer la capacidad de ayudar en campos tan esenciales hoy en día como el entrenamiento de capacidades específicas de usuarios, mejora de habilidades, etc.

Respecto a trabajo futuro, se considera importante incorporar la utilización de otras articulaciones del usuario (por ejemplo, piernas o brazos) permitiendo así, añadir más puntos de interacción entre el usuario y el objeto a modificar. Actualmente, se está trabajando en la incorporación de la capacidad de hacer uso de los dedos de la mano, ofreciendo, por lo tanto, nuevos puntos de interacción. Finalmente, supone un reto hacer uso del reconocimiento de gestos tanto corporales como faciales, para añadir más posibilidades y ampliar la utilidad del sistema final.

### ACKNOWLEDGMENTS

Este proyecto está respaldado por la beca de investigación de la Universidad de Lleida “Convocatoria de becas de introducción a la investigación de la Universidad de Lleida para el curso 2018-2019 (acuerdo núm. 165/2018 del Consejo de Gobierno del 19 de junio)”. La realización ha sido en el laboratorio del que dispone el grupo GRIHO en la Escuela Politécnica Superior.

### REFERENCES

- [1] J. A. Fernandez-Valls, A. M. Plata, V. M. R. Penichet, M. D. Lozano, and J. E. Garrido. Rehabilitación física a partir de interacción basada en movimiento. In *2016 IEEE 11th Colombian Computing Conference (CCC)*, pages 1–7, Sep. 2016.
- [2] Juan Enrique Garrido Navarro, Victor Manuel Ruiz Penichet, and María Dolores Lozano Pérez. Movement-based interaction applied to physical rehabilitation therapies. *J Med Internet Res*, 16(12):e281, Dec 2014.
- [3] Alberto Mora Plata, Juan E. Garrido, Jose A. F. Valls, Victor M. R. Penichet, and Maria Dolores Lozano. Looking for an adequate monitoring mechanism for rehabilitation systems based on movement interaction. In *Proceedings of the XVII International Conference on Human Computer Interaction*, Interacción '16, pages 11:1–11:8, New York, NY, USA, 2016. ACM.
- [4] A. D. C. A. Coroiu and A. Coroiu. Interchangeability of kinect and orbbec sensors for gesture recognition. In *2018 IEEE 14th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP)*, pages 309–315, Sep. 2018.



## Demos Presentations (English & Spanish)







**Tangible interactions with acoustically levitated voxels**

Asier Marzo, Oscar Ardaiz, Steven Kockaya, Julie Williamson and Euan Freeman.

**Abstract:** Acoustic Levitation can trap small objects in mid-air without physical contact, this can be exploited to create displays made of levitating voxels. Sound diffracts around objects, thus we can insert the hand inside the levitator and touch the levitated particles. In this demo, we show some possible tangible interactions with acoustically levitated particles by passing acoustically-transparent meshes through the particles, using wearable levitators to move particles or employing direct manipulation by pinching close to the particles and dragging them. All the presented devices are available as Instructables, we will encourage visitors to build their own levitators and experiment further with acoustic levitation.

Notes/Notas:



**Efficient DMA transfers management on embedded Linux PSoC for Deep-Learning gestures recognition**

Antonio Rios-Navarro, Ricardo Tapiador-Morales, Gabriel Jimenez-Moreno and Alejandro Linares-Barranco.

**Abstract:** This demonstration shows a Dynamic Vision Sensor able to capture visual motion at a speed equivalent to a high-speed camera (20k fps). The collected visual information is presented as normalized histogram to a CNN accelerator hardware, called NullHop, that is able to process a pre-trained CNN to play Roshambo against a human. The CNN designed for this purpose consist of 5 convolutional layers and a fully connected layer. The latency for processing one histogram is 8ms. NullHop is deployed on the FPGA fabric of a PSoC from Xilinx, the Zynq 7100, which is based on a dual-core ARM computer and a Kintex-7 with 444K logic cells, integrated in the same chip. ARM computer is running Linux and a specific C++ controller is running the whole demo. This controller runs at user space in order to extract the maximum throughput thanks to an efficient use of the AXIStream, based of DMA transfers. This short delay needed to process one visual histogram, allows us to average several consecutive classification outputs. Therefore, it provides the best estimation of the symbol that the user presents to the visual sensor. This output is then mapped to present the winner symbol within the 60ms latency that the brain considers acceptable before thinking that there is a trick.

Notes/Notas:

**ModeRate: A tablet game to measure the performance of moded interaction techniques**

Katherine Fennedy and Hyowon Lee.

**Abstract:** We demonstrate an interactive prototype where a moded interaction technique can be evaluated more comprehensively by exposing it to significantly longer and more diverse sets of mode-switching sequences. The tablet-based app is designed to abstract a particular type of user-interface feature in such a way that captures the commonly-used moded interaction sequences, to accurately measure the user performance. Quantitative data like time and error incurred will be used to objectively rate the performance between Persist and UMI technique. As a visual aid for further discussion, the data will be automatically converted to graphs which had been designed to summarize the temporal interaction for each user session.

Notes/Notas:



**Therapeutic exercise based on videogames to improve neck pain**

Antonio Arenas, Javier Varona, Maria Francesca Roig Maimó, Katia San-Sebastián Fernández, Iosune Salinas-Bueno and Cristina Manresa-Yee.

**Abstract:** The demo presents a videogame for mobile devices designed by a multidisciplinary team comprised by physiotherapists and computer scientists. The videogame aims at motivating the patient to exercise the neck zone to relieve the neck pain and increase the adherence to the therapeutic treatment. The patient interacts with head movements captured by the frontal camera of the device and the physiotherapists can adapt the system to each patient by configuring the settings.

Notes/Notas:

**A mood modulation using Virtual Reality and binaural sounds**

Francisco J. Perales, Miguel Sánchez and Silvia Ramis.

**Abstract:** Virtual Reality is defined as the implementation of a virtual world that the user perceives as the real one. This can lead having the physical feeling of teleportation into another environment, forgetting the real world and even the physical body. This sensation of immersion affects the stimulus (visual, acoustic and haptic) perceived by the user and it is able to modify the brainwaves power. We think that this can be profitable for pain relief, as the patient feels many synchronized stimulus and he/she needs to be concentrated to process all the information and attenuate the pain sensation or change the initial mood. For that reason, this work proposes a pilot study of a VR environment combined with binaural beats, colors and movements to evaluate the perception the user has. It is believed that the use of different binaural beats in a long period can help patients to induce a relaxation state (mood) and consequently the perception to pain. This Show Room is oriented to evaluate new users experiences.

Notes/Notas:



**Tecnologías y objetos tangibles para interacción en entornos de Realidad Virtual inmersiva**

Oscar Ardaiz, Asier Marzo, Unai Dominguez, Ruben Baztan and Iñigo Ezcurdia.

**Abstract:** Los entornos de realidad virtual inmersiva permiten la interacción a través de dispositivos genéricos adaptados a las características del usuario de RVI: dispositivos sin cables llevables, dispositivos de interacción en tres dimensiones. Pero la sensación de inmersión suele verse disminuida por el mínimo feedback que se obtiene del entorno virtual, para lo cual se han desarrollado dispositivos hápticos de diferentes características [1]. Sin embargo, esos dispositivos no llegan a producir la sensación de tacto de un objeto físico. En nuestro proyecto creamos objetos físicos con superficies tangibles que son interactivas en un entorno de realidad virtual. Hemos implementado dos aplicaciones ejemplos: en el primero hemos colocado en el espacio real objetos físicos que corresponden a objetos virtuales en una situación similar en el espacio virtual, el usuario puede moverse por el espacio físico lo cual se corresponde con en el espacio virtual y puede tocar los objetos físico que existen también en el espacio virtual. En el segundo hemos creado una reproducción física en impresión 3D de un paisaje montañoso que podemos visualizar en un entorno virtual inmersivo, a través de la interacción con el objeto físico podemos navegar por el espacio virtual del paisaje montañoso.

Notes/Notas:

# Tecnologías y Objetos Tangibles para Interacción en entornos de Realidad Virtual Inmersiva

Oscar Ardaiz, Asier Marzo, Unai Dominguez, Rubén Baztan, Iñigo Ezcurdia  
Departamento Estadística, Matemática e Informática  
Universidad Pública de Navarra  
Pamplona, Spain  
{oscar.ardaiz, asier.marzo}@unavarra.es

## ABSTRACT

Los entornos de realidad virtual inmersiva permiten la interacción a través de dispositivos genéricos adaptados a las características del usuario de esos entornos: dispositivos sin cables llevables, dispositivos de interacción en tres dimensiones. Pero la sensación de inmersión suele verse disminuida por el mínimo feedback que se obtiene del entorno virtual, para lo cual se han desarrollado dispositivos hápticos de diferentes características [1]. Sin embargo, esos dispositivos no llegan a producir la sensación de tacto de un objeto físico. En nuestro proyecto creamos objetos físicos con superficies tangibles que son interactivas en un entorno de realidad virtual.

Hemos implementado dos aplicaciones ejemplos: en el primero hemos colocado en el espacio real objetos físicos que corresponden a objetos virtuales en una situación similar en el espacio virtual, el usuario puede moverse por el espacio físico lo cual se corresponde con en el espacio virtual y puede tocar los objetos físicos que existen también en el espacio virtual. En el segundo hemos creado una reproducción física de una montaña en impresión 3D, a través de la interacción con sensores capacitivos en el objeto físico podemos navegar por un espacio virtual en el que se visualiza en 3D la misma montaña.

## CCS CONCEPTS

• Hardware → Emerging technologies → Emerging interfaces

## KEYWORDS

Realidad virtual, tangible, impresión 3D, sensores capacitivos

## 1 Construcción de Objetos Tangibles

Para construir los objetos tangibles usamos dos tecnologías complementarias que podemos implementarlas por separado o en un mismo proceso. Por un lado, los sensores capacitivos que permiten detectar el contacto con la piel humana. Y por otro lado la impresión 3D nos permite construir objetos físicos de casi cualquier geometría a partir de datos digitales.

Los sensores capacitivos se basan en el hecho de que el cuerpo humano tiene unas características conductoras tales que funciona como un capacitor, de tal manera que un sensor de capacitancia medirá diferentes valores de capacitancia si un cuerpo humano esta lo suficientemente cerca. Existen sensores capacitivos que miden dos tipos diferentes de capacitancia, por auto-capacitancia, que mide la capacitancia entre el sensor y el cuerpo cercano; y por capacitancia mutua, que mide la capacitancia entre dos electrodos cuando se acerca un cuerpo [2].

Los primeros prototipos están contruidos en dos fases: primero se imprime en 3D la geometría deseada y después se insertan los sensores capacitivos en aquellas superficies que se desea permitan interacción táctil. Los prototipos que se construyen en un solo paso se basan en la impresión en 3D de dos materiales simultáneos con una impresora con dos cabezas para imprimir un material conductor y otro no conductor, existen sensores impresos en 3D de tipo auto-capacitancia [3] [4], pero no de capacitancia mutua.

## 2 Implementación de interacciones en RV con objetos tangibles

Los objetos tangibles permiten detectar el contacto con aquellas zonas de los objetos donde se sitúan los sensores capacitivos. Para que dichas entradas puedan ser utilizadas en el entorno de realidad virtual se necesita: un mecanismo de procesamiento digital de las señales analógicas y un mecanismo de mapeo de las señales con acciones de la realidad virtual. Para crear señales digitales a partir de las señales analógicas creamos un controlador basado en micro-controladores tipo Arduino. El mapeo de las señales digitales en acciones de la realidad virtual lo hacemos utilizando el protocolo (Open Sound Control) basado en IP y utilizamos conectividad Wifi de tal manera que los objetos tangibles puedan ser llevables o ser colocados en diferentes localizaciones.

La implementación software que hemos realizado permite:

- Una asociación automática de los objetos que actúan como dispositivos de entrada al objeto virtual que representan. El sistema reconoce el objeto impreso en 3D y lo vincula con el objeto virtual que representa, un mismo objeto real se puede utilizar para manipular diferentes objetos virtuales.
- Los entornos de realidad virtual interpretan un protocolo de control que se particulariza para cada entorno y dispositivo.

## Aplicación 1: Interacción con elementos físicos del espacio real

Habitualmente los usuarios de sistemas de realidad virtual inmersiva interaccionan con el entorno virtual a través de dispositivos físicos que son cogidos por el usuario o son entregados al usuario antes de entrar en el entorno virtual, pero el resto del mundo físico que rodeado al usuario queda fuera de su alcance constituyendo un obstáculo con el que puede golpearse, de tal manera que los usuarios suelen permanecer en una posición fija en el espacio real, de pie o sentados en una silla.

Nuestra aplicación se basa en la interacción con los elementos físicos que rodean a un usuario real, permitiendo, por un lado: que el usuario pueda desplazarse o interactuar en un espacio más amplio teniendo relación su acción física con su interacción virtual. Y en segundo lugar que pueda interactuar con los elementos físicos que rodean al usuario real permitiendo crear experiencias de realidad virtual inmersiva en las que el usuario puede interactuar con objetos físicos situados fuera de su alcance al comienzo de la sesión. En la figura 1 vemos un entorno virtual con objetos con los que el usuario puede interactuar, esa interacción se logra con el desplazamiento en el mundo real hasta objetos tangibles, figura 2.

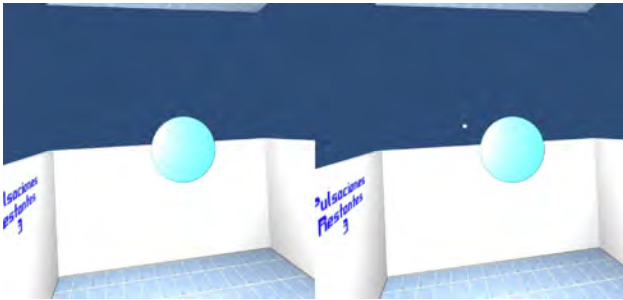


Figure 1: Entorno virtual con objetos para interactuar



Figure 2: Muros tangibles en el espacio de interacción real

### Aplicación 2: Mapas 3D interactivos

En muchas aplicaciones de realidad virtual es necesario un mapa para orientar al usuario sobre su posición en el espacio de realidad virtual y que también sirve para desplazarse.

El desplazamiento en entornos de realidad virtual se puede solucionar con desplazamiento físicos del usuario y su correspondiente tracking por medio de diferentes mecanismos: cámaras, posicionamiento indoor tipo GPS, etc. pero estas soluciones requieren de una compleja y cara infraestructura.

Un objeto tangible permite a un usuario realizar desplazamientos por el mundo virtual realizando interacciones con sus dedos sobre el objeto, tales como apuntar, desplazar o trazar líneas. Con las tecnologías de impresión 3D podemos realizar una representación física de la topología del espacio donde se produce el desplazamiento, un mapa físico en 3 dimensiones con una superficie que represente el espacio que se puede recorrer, con diferentes alturas representando la orografía del terreno.

Nuestra segunda aplicación es una visualización en 3D de una zona geográfica del mundo real, figura 3, en el cual nos podemos desplazar tocando un mapa físico impreso en 3D de esa misma zona geográfica, figura 4.

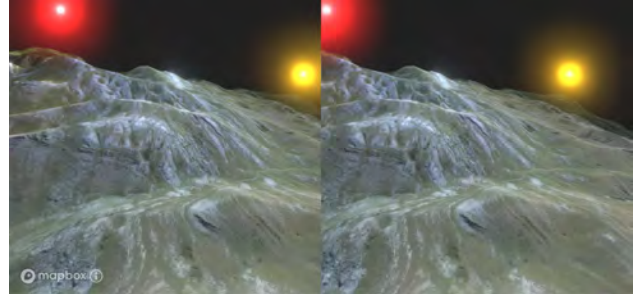


Figure 3: Visualización 3D de un Mapa



Figure 4: Objeto tangible impreso en 3D del mapa visualizada

### Trabajo relacionado

Además de los diferentes tecnologías usadas en el proyecto o creadas para interactuar en realidad virtual: sensores capacitivos [2], impresión 3D [3][4], y dispositivos hápticos [1]; también se esta investigando como mejorar la interacción de tacto [5] y como usar el espacio físico en el que se sitúan los usuarios de realidad virtual [6].

### REFERENCIAS

- [1] C. Pacchierotti, S. Sinclair, M. Solazzi, A. Frisoli, V. Hayward, et al. Wearable Haptic Systems for the Fingertip and the Hand: Taxonomy, Review, and Perspectives. *IEEE Transactions on Haptics (ToH)*, IEEE, 2017, 10 (4).
- [2] T. Grosse-Puppenthal, C. Holz, G. Cohn, R. Wimmer, O. Bechtold, S. Hodges, M. S. Reynolds, J. R. Smith. 2017. Finding Common Ground: A Survey of Capacitive Sensing in Human-Computer Interaction. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '17)*.
- [3] M. Schmitz, M. Khalilbeigi, M. Balwier, R. Lissermann, M. Muhlhauser, and J. Steimle. 2015. Capricate: A Fabrication Pipeline to Design and 3D Print Capacitive Touch Sensors for Interactive Objects. In *Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology (UIST '15)*.
- [4] M. Schmitz, J. Steimle, J. Huber, N. Dezfali, Mühlhäuser. Flexibles: Deformation-Aware 3D-Printed Tangibles for Capacitive Touchscreens In *Proceedings of CHI'17*.
- [5] M. Sato, I. Poupyrev, and C. Harrison. 2012. Touche: enhancing touch interaction on humans, screens, liquids, and everyday objects. In *Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '12*.
- [6] S. Marweck, M. Brehm, L. Wagner, L. Cheng, F. Mueller and P. Baudisch. VirtualSpace: Overloading Multiple Virtual Reality Users into the Same Physical Space in *Proceedings of CHI'18*.



## Session 3A: Accessibility I (Spanish)



Interacción 2019

2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain



**Del Diseño Centrado en el Usuario al Diseño para la Vida**

Miguel Gea, Jose J. Cañas and Aurelia Carrillo.

**Abstract:** Durante estas dos últimas décadas hemos vivido un crecimiento exponencial del interés por la interacción persona-ordenador en nuestra sociedad. En ese periodo, la aparición de una asociación como AIPO ha sido un catalizador que ha permitido consolidar la formación en las universidades y fomentar sinergias entre investigadores, que si bien trabajaban en áreas punteras del conocimiento, carecían en gran medida de un aspecto fundamental como era la ausencia de colaboraciones interdisciplinares enfocadas a resolver problemas de diseño en contextos de usuarios específicos. Este artículo describe una experiencia que se prolonga por más de 15 años de colaboración e investigación con Asprogrades, una Asociación para la atención de personas con discapacidad intelectual en Granada que ha generado un nexo de unión y compromiso por parte de los autores del artículo que trasciende a la mera actividad investigadora. Esta investigación es también la evolución de nuestras trayectorias profesionales que nos ha llevado a concebir una forma más madura la atención al colectivo de usuarios dentro de la Discapacidad Intelectual.

Notes/Notas:



# Del Diseño Centrado en el Usuario al Diseño para la Vida

Un estudio comprometido con la atención a la discapacidad intelectual

M. Gea  
Dpt. Lenguajes y Sistemas  
Informáticos  
Universidad de Granada  
Granada, España  
mgeal@ugr.es

J. J. Cañas  
Dpt. Psicología experimental  
Universidad de Granada  
Granada, España  
delagado@ugr.es

A. Carrillo  
Asprogrades  
Granada, España  
carrilloauri@gmail.com

## ABSTRACT

Durante estas dos últimas décadas hemos vivido un crecimiento exponencial del interés por la interacción persona-ordenador en nuestra sociedad. En ese periodo, la aparición de una asociación como AIPO ha sido un catalizador que ha permitido consolidar la formación en las universidades y fomentar sinergias entre investigadores, que si bien trabajaban en áreas punteras del conocimiento, carecían en gran medida de un aspecto fundamental como era la ausencia de colaboraciones interdisciplinares enfocadas a resolver problemas de diseño en contextos de usuarios específicos.

Este artículo describe una experiencia que se prolonga por más de 15 años de colaboración e investigación con Asprogrades, una Asociación para la atención de personas con discapacidad intelectual en Granada que ha generado un nexo de unión y compromiso por parte de los autores del artículo que trasciende a la mera actividad investigadora. Esta investigación es también la evolución de nuestras trayectorias profesionales que nos ha llevado a concebir de una forma más madura la atención al colectivo de usuarios dentro de la Discapacidad Intelectual.

## KEYWORDS

Accesibilidad, Discapacidad Intelectual, Metodologías

## 1 Introducción: el contexto

Las tecnologías están presentes en nuestra vida cotidiana, nos rodean y facilitan el acceso a múltiples aplicaciones y servicios mediante infinidad de artefactos con los que interaccionamos de modo cotidiano. Este cambio hacia la Sociedad de la Interacción se concibe a menudo como una oportunidad pero con ciertas dudas, tal como se recoge en el Manifiesto del Foro Europeo sobre la Sociedad de Información y las Personas con Discapacidad (EDF993EN Manifiesto, 1999) [1]:

*“La Sociedad de la Información es un desafío y una oportunidad. Es a la vez una posible herramienta para conseguir la integración total de las personas con discapacidad con el uso de ayudas técnicas, pero también una posible nueva barrera para su inclusión en la sociedad. Para enfrentarnos al desafío [...] que*

*realmente responda a las necesidades y las aspiraciones de las personas con discapacidad”.*

Esta visión sobre las necesidades y aspiraciones de las personas (con o sin discapacidad) nos debe hacer reflexionar acerca de cómo enfocar el diseño y la evolución de la tecnología. En este sentido, si retrocedemos en el tiempo, vemos como la interacción persona-ordenador y las metodologías basadas en el diseño centrado en el usuario han ido ganando peso específico y consolidándose en la formación universitaria y en el proceso de desarrollo de productos. No cabe duda que la aparición de la Asociación Interacción Persona-Ordenador (AIPO) a finales de 1999 ha sido un pilar muy importante para que se favorezca esta transformación tanto en España como en su ámbito latinoamericano [2]. Cabe destacar la importancia que tuvo la creación de un libro en castellano sobre interacción persona-ordenador [3] con licencia Creative Commons que se ha convertido con el tiempo en recurso docente *de facto* en las universidades y material de referencia para todos los interesados en profundizar sobre estos temas [4]. Con la organización de los primeros congresos se facilitó el conocimiento interdisciplinar y las colaboraciones entre investigadores de diferentes áreas de conocimiento, lo que indudablemente influyó para abordar proyectos que hasta entonces eran difíciles de abordar por sus características.



Figura 1. Página web del primer congreso de Interacción [5]

Es el caso del apoyo a personas con discapacidad, donde ya existía una preocupación creciente por la brecha que se iba estableciendo con el acceso a las tecnologías, la necesidad de

tecnología asistiva, y las dificultades que se encontraban para la accesibilidad web [6]. En este artículo abordaremos la aproximación progresiva a estos temas por parte de los autores a lo largo de una trayectoria dilatada en el tiempo, y esta visión nos permitirá identificar cuáles son las preocupaciones y dificultades que se han ido encontrando los usuarios (e investigadores) en ese proceso de madurez de la tecnología al servicio de las personas.

## 2 Primera Etapa: tecnología asistiva

Este proyecto nació de la casualidad. Allá por el año 2000 los profesionales de la educación del colegio de Educación Especial Santa Teresa de Jesús buscaban desesperadamente soluciones tecnológicas de bajo coste para ayudar a alumnos que estaban dentro del espectro autista, pero que parecían responder favorablemente a algunos tipos de estímulos. La casualidad, la necesidad y la motivación hizo que un encuentro casual se convirtiese en una experiencia de colaboración a largo plazo con este colegio perteneciente a la asociación Asprogrades dedicada a la atención para personas con Discapacidad Intelectual de Granada [7].

Las soluciones de bajo coste eran una especie de “meta” en sí, sobre todo por el precio tan alto que tenían los productos especialmente diseñados para personas con discapacidad que pertenecían a Asprogrades (ya existían algunos comunicadores mediante tableros programables manualmente, pero tenía precio excesivamente alto y eran poco prácticos por el tiempo que se necesitaba para adaptarlos de un niño a otro).



**Figura 2. El Colegio con pictogramas para actividades**

En este contexto, el área de logopedia del colegio apostaba por experimentar con nuevas soluciones para los sistemas de Comunicación Aumentativa que permitieran adaptarse a las necesidades y vocabulario de cada alumno. Con esa meta, comenzaron a buscar, casi al azar investigadores en la Universidad que trabajasen en esos temas (eran escasos en esos tiempos por no decir casi inexistentes). Esta búsqueda fue una oportunidad para crear un grupo de experimentación (más que expertos) en temas afines y con ganas de colaborar cada uno

desde su área de conocimiento. Esta historia de gestación (que puede ser muy similar a muchas otras en el ámbito de la interacción) está basada en la necesidad imperiosa de contar con especialistas de otras áreas, ya que no se podía concebir el desarrollo tecnológico sin la participación de expertos de otras áreas como Logopedia, o Psicología, convirtiéndose rápidamente en una de las mayores virtudes del enfoque del proyecto, y además, un ejemplo del enfoque interdisciplinar que AIPO aspiraba a promocionar.

Los usuarios participantes en los primeros desarrollos eran bien conocidos: su forma de vida, sus preferencias, gustos, estados de ansiedad, etc. La intención era cubrir sus necesidades comunicativas tanto dentro como fuera del colegio para lograr mayor autonomía y socialización. Para evaluar la experiencia de uso, se utilizaron algunas técnicas como grabación de sesiones (figura 2 y 3) para analizar posteriormente estados de ánimo y problemas comunicativos. También se desarrollaron actividades situadas en contextos diferentes (montar a caballo, ir a una tienda de comida rápida y pedir alimentos, etc.). El desarrollo tecnológico (para esa época 2001-2003) fue sobre un PDA PocketPC (con pantalla táctil y lápiz puntero) pero que rápidamente quedó obsoleto por la evolución tecnológica, y se tuvo que crear nuevas versiones para Nintendo, Windows, Linux [8] y posteriormente Android e IOS.



**Figura 3. Fase de entrenamiento para comunicación mediante SC@UT.**

Si analizamos esa primera etapa, comprendida desde 1999 hasta 2006, observamos un periodo en el que la situación de los centros escolares era deficitaria en recursos y la tecnología era escasa y de alto coste.

Por su parte, la investigación relacionada con aspectos de interacción estaba todavía poco madura y se necesitaba consolidar sinergias entre diferentes disciplinas para abordar proyectos de esta naturaleza.

Si podemos evaluar (casi 15 años más tarde) el impacto y repercusión que tuvo ese proyecto, podemos destacar que supuso

un éxito la colaboración entre Informática, psicología y pedagogía para obtener un producto viable que se adapta a las necesidades de los usuarios y que favorecía su calidad de vida. Este proyecto fue parcialmente financiado por la Junta de Andalucía en 2002 [9] y posteriormente logró el primer premio de la asociación Asociación Nacional de Profesionales del Autismo AETAPI [10]. Desde el punto de vista tecnológico, y con el paso del tiempo se podría intuir un avance modesto: la obsolescencia de la PDA, el uso del altavoz en entornos de ruido no era eficaz, o incluso la batería era de baja autonomía. Pero sin embargo, supuso otro hito no menos importante para la comunidad de sus usuarios potenciales: el proyecto nació con la intención que fuese de distribución gratuita y accesible para todos (actualmente hay instaladas en los Centros Guadalinx de Andalucía una versión mejorada de este producto), lo que permitía que las familias pudiesen (con el tiempo y el abaratamiento de los smartphones) contar con herramientas (programables por los propios usuarios) para mejorar la calidad de vida de los usuarios que necesiten Sistemas de Comunicación Alternativos. El logro de disponer una tecnología de bajo coste era en sí mismo un motivo para la mejora la calidad de vida de los usuarios, las actividades no solo se desarrollan en el colegio, sino también en las casas con las familias.

### 3 Segunda etapa: Creatividad

En este segundo periodo el enfoque cambia de modo radical. La tecnología asistiva se ha abaratado y existen múltiples soluciones que pueden utilizarse en clase con capacidad de éxito muy destacable [11,12] en cuanto a adaptación de las necesidades de cada persona con discapacidades motrices severas. En esta segunda etapa de colaboración, entre 2014 y 2016, nos enfocamos en una perspectiva diferente, centrado en fomentar la creatividad mediante narración de historias (storytelling), y con el pretexto de crear, repensar y rediseñar tu ciudad como una ciudad para las personas (smart city).

La motivación surge de una colaboración con la Universidad Autónoma de Madrid en un proyecto relacionado con la sociedad de la información, en particular en el ámbito de la atención a la diversidad, centrándose principalmente en el desarrollo de tecnología para proporcionar una formación integral a personas con necesidades especiales. Estas personas presentan unas limitaciones que influyen en su actividad diaria, disminuyendo su independencia y presentando un riesgo de exclusión social y laboral [13].

Esta visión es incluso más evidente considerando que un punto clave en la agenda de la Unión Europea es el desarrollo de las ciudades sostenibles o Smart Cities [14,15]. Si bien estos documentos se centran en avances tecnológicos orientados a conseguir modelos sostenibles de servicios públicos, a su vez tiene una implicación directa sobre los ciudadanos que deben engancharse a estas tendencias para lograr el éxito esperado. En este sentido, los principios de democracia, inclusión y accesibilidad aparecen nuevamente, pero muy alejados de las realidades de estos colectivos en el día a día, con el consiguiente

peligro de una nueva brecha digital de acceso a estos nuevos modelos de ciudad como plataforma.

La idea que se propone en este caso es la de experimentar con una nueva tecnología: la realidad virtual tanto inmersiva como multiusuario para rediseñar esa ciudad virtual desde la perspectiva de las personas con discapacidad de la Asociación Asprogrades. De las propuestas planteadas, cabe destacar la creación de un museo virtual interactivo con diseños realizados en el taller de formación ocupacional de arte gráfico [16].

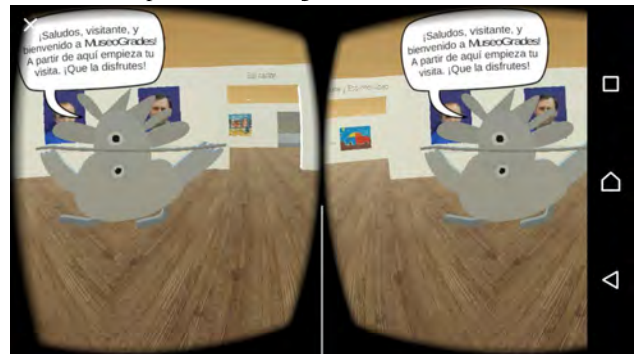


Figura 4. Museo Virtual Interactivo visto a través de gafas cardboard de Realidad Virtual

Este museo, aparte de consistir en una interpretación de la ciudad inteligente (véase figura 5) es también un escaparate para los diseños que se pueden proponer desde la Asociación (y sus integrantes) con objeto de incrementar las posibilidades de empleabilidad y difusión mediante exposiciones virtuales.

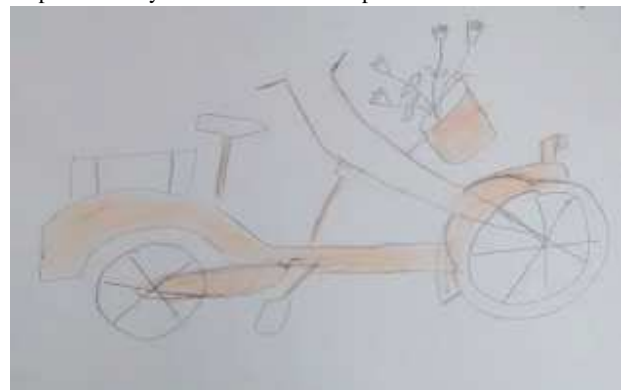


Figura 5. Interpretación de la movilidad sostenible

Esta iniciativa se complementa con una experimentación en el aula de Realidad Virtual en espacios multiusuarios (MMOG) para crear espacios de aprendizaje y de vivencia de experiencias colaborativas, con los siguientes objetivos:

- Las historias que se desarrollan están basadas en aprender a desarrollar habilidades
- En espacios virtuales tienen conexión con el mundo real que conocen y con las actividades que ahí se desarrollan

- La participación de cada usuario es parte del contenido de la historia.



**Figura 6. Avatares en una sesión para elegir alcalde en el ayuntamiento virtual de Granada**

De esta etapa cabe destacar la excelente aceptación por parte de los usuarios de la Realidad Virtual, como un medio de gamificación para el aprendizaje [17,18]. Sin embargo, desde el punto de vista de la tecnología comprobamos que no es de uso habitual por los usuarios, por lo que se pueden considerar todavía muy experimental los resultados que se han obtenido. Los alumnos deben ir al centro y a una clase concreta para tener este tipo de experiencias. El beneficio directo puede considerarse marginal porque no incide de forma efectiva en su calidad de vida. Sin embargo, el hecho de crear, construir y diseñar pensado en estos nuevos entornos invita a pensar que también forman parte de la concepción de la ciudad Smart, no como usuarios pasivos sino como participantes activos que toman parte del proyecto pensando en su calidad futura de vida. Los resultados, como modelo de empleabilidad y difusión son prometedores aunque necesitan tiempo, y representan un germen para indagar en aquellos puntos fuertes que nos ofrecen estas tecnologías de interacción,

#### 4 Tercera etapa: Sociabilidad

En esta nueva experiencia, se pretende profundizar en la relaciones que se establecen en el mundo virtual entre los usuarios para fomentar la socialización. Este proyecto, enmarcado en la estrategia "Conectados por la Accesibilidad" tiene por objeto conseguir, a través de las tecnologías ser un referente para los procesos de Transformación Digital en los entornos de vida de las personas con discapacidad que favorezcan su plena inclusión y participación en nuestra Sociedad [19].

La idea del proyecto es conectar personas de diferentes centros educativos y con diferentes capacidades para compartir historias y experiencias de aprendizaje en un mundo virtual inclusivo. Actualmente están participando el Colegio Santa Teresa de Granada y el Colegio Luis Pastor de Motril.

Aunque se lleva poco tiempo como para extraer conclusiones del proyecto, se puede apreciar un cambio significativo en el entorno. Las tecnologías comienzan a entrar de una forma mucho más sencilla en la vida diaria de las personas con discapacidad, ya sea

en los colegios como en sus casas (comprobamos que ya disponen de conectividad, juegos similares, y dedican parte de su tiempo de ocio a actividades relacionadas con estar conectado/online).



**Figura 7. Actividades de ConectaVR, avatares de diferentes colegios celebrando una actividad (carnaval)**

Las posibilidades de conocer (e interactuar con nuevas personas que están en lugares remotos), compartir experiencias con sus profesores virtuales así como la similitud con los sistemas de juego que tienen habitualmente en sus casas, provoca una gran emoción positiva (es una actividad sorprendentemente muy enriquecedora para todos los alumnos que participaron en las primeras sesiones). Ya se empieza a demandar accesos al mundo virtual desde las casas, porque se empieza a ver como una prolongación de tu espacio social donde desarrollar su forma de vida (lúdica, ocio y de aprendizaje).

#### 5 Diseño para la vida

La intención de este artículo es narrar la experiencia de los investigadores a lo largo de una larga trayectoria y reflexionar bajo un planteamiento holístico del diseño para la vida [20] qué ha cambiado de los usuarios en todo este tiempo y el impacto de la tecnología para mejorar su calidad de vida.

En este sentido, podemos observar que los cambios profundos son muchos más lentos de lo que en un principio suponemos cuando abordamos procesos tecnológicos. Por ejemplo, si observamos el Colegio transcurridos 17 años de la primera grabación (para comprender el cambio en la vida del de las personas que lo habitan) observamos lo siguiente:

- Analizando nuevamente la Figura 2, el colegio mantiene los carteles de pictogramas con la programación semanal pero ahora con sensores NFC. La funcionalidad y utilidad de los medios clásicos sigue vigente, pero se pueden "sumar" nuevas capas de experiencias sin alterar el normal comportamiento del centro y de sus habitantes.
- Los dispositivos digitales comienzan a ser habituales en aula, la tablet es un dispositivo que se adapta mejor que los móviles/PDA para actividades de aprendizaje.
- También vemos que la (r)evolución de sistemas de realidad virtual están disponibles desde hace años, pero no consiguen formar parte de la vida cotidiana de las personas. Sin embargo por sus características: su atractivo (inmersivo), la posibilidad de reflejar tu personalidad en el avatar, conocer e interactuar con otras persona con diferentes pautas de comunicación y

socialización, posee un indudable interés que se debe seguir explotando, a la espera de nuevos avances que permitan su popularización.

- La experiencia de los investigadores se enriquece para identificar matices en los procesos que de otra forma no sería posible. Se tiene una visión más integral de los alumnos del centro (no se piensa en necesidades aisladas), se descubre el potencial de la colaboración entre pares para el aprendizaje (del apoyo tácito) y la observación de cómo esas vivencias van transformando su forma de vida.

Por tanto, el planteamiento del diseño para la vida requiere un esfuerzo cuyos resultados necesitan un tiempo para implementarse. Sin embargo, lo que debemos destacar es que este planteamiento supone partir de las necesidades de las personas para darle soluciones tecnológicas. En el diseño para la vida, como nuestra experiencia de diseño muestra, se enfoca un tipo particular de forma de vida (vivencia) y se analiza el impacto de la tecnología en la calidad de vida.

## 6 Conclusiones

El artículo ha abordado una experiencia de colaboración en la investigación y desarrollo de soluciones para un colectivo de personas con Discapacidad Intelectual. Esta experiencia se puede describir desde la perspectiva que se encuadra dentro del concepto **Diseño para la vida (Life-Based-Design)**. El origen de esta experiencia fue una demanda de los usuarios para que se crease una nueva tecnología que solucionara un problema que ellos tenían. La solución a ese problema debería mejorar su vida diaria. Por lo tanto, no se trataba de responder a problemas de diseño de una tecnología existente como ocurre en los trabajos de usabilidad o de experiencia de usuario. Se trataba de partir de un problema de la vida de las personas para darle una solución tecnológica. Para hacer este trabajo fue necesario conocer cuáles son las necesidades que unos usuarios con unas características concretas tienen en su vida diaria. A partir de la detección de los problemas, que en la mayoría de los casos nos dicen los propios usuarios, como fue nuestro caso cuando los miembros de Asprogrades se aproximaron a los investigadores universitarios, se buscan soluciones tecnológicas que los resuelvan.

Con la perspectiva del diseño para la vida hemos conseguido avanzar en la calidad de vida de las personas de Asprogrades (extensible a más personas) mediante:

- Facilitar artefactos (sistemas de comunicación alternativos) tanto dentro como fuera del colegio, que participen sus familiares en crear esos contenidos y poder aplicar en todos los ámbitos de su vida diaria.
- Anticipar mecanismos (por ahora exploratorios) para la participación activa el diseño de la futura ciudad Smart, con posibilidad de crear sus propios contenidos, expresar sus vivencias mediante el Museo Virtual y experimentar esas nuevas formas de convivencia digital (en pos de la inclusión socio-laboral)
- Fomentar su sociabilidad creando espacios donde contactar y vivir experiencias con otros usuarios (con o sin discapacidad) de una forma similar y tan natural como si estuviesen jugando.

En los estudios de usabilidad y de experiencia de usuario, la tecnología existe, aunque sea en forma de prototipo, y se hace una evaluación de ella para adaptarla a las características de los usuarios en un proceso iterativo de diseño-evaluación-rediseño. En el diseño para la vida se hace un análisis de las formas de vida de los usuarios y se piensa en la solución tecnológica adecuada para mejorar sus vidas.

## AGRADECIMIENTOS

Este artículo ha sido parcialmente financiado por el proyecto Conectados por la accesibilidad de la Fundación Vodafone al proyecto ConectaVRDigital, de Asprogrades, 2019.

## REFERENCIAS

- [1] EDF-99-3-EN. European Manifesto on the Information Society and Disabled People (Manifiesto Europeo sobre la Sociedad de Información y las Personas con Discapacidad), Doc FED 99/3, Foro Europeo de la Discapacidad, 1999. <http://sid.usal.es/idocs/F3/3-3497/3-3497.pdf>.
- [2] Historia de AIPO, Foto fundacional (1999) <https://aiipo.es/content/historia-aiipo>
- [3] J. Lorés (ed). Autores: Julio Abascal, José J. Cañas, Miguel Gea, Ana Belén Gil, Jesús Lorés, Ana Belén Martínez Prieto, Manuel Ortega, Pedro Valero, Manuel Vélez: Libro AIPO, Interacción Persona-Ordenador (2002). <https://aiipo.es/content/historia-aiipo?q=content/libro-aiipo>
- [4] J. Lorés, J. Abascal, I. Aedo, J.J. Cañas, M. Gea, M. Ortega, A. B. Martínez, P. Valero, M. Vélez (2001). Un corpus docente virtual, común y ubicado en Interacción Persona-Ordenador. Revista de Enseñanza y Tecnología. Septiembre - Diciembre. ISSN: 1138-7386 <https://aiipo.es/content/historia-aiipo?q=content/libro-aiipo>
- [5] Web de 1er congreso de Interacción Persona-Ordenador, 2000 <https://lsi.ugr.es/~mgea/workshops/interaccion2000/>
- [6] J. Abascal (2002) Interacción persona-computador y discapacidad. Minusval Junio 2002, [http://sid.usal.es/idocs/F8/8.2.1.2-139/2002espl1/Minusval\\_especial\\_NT.pdf](http://sid.usal.es/idocs/F8/8.2.1.2-139/2002espl1/Minusval_especial_NT.pdf)
- [7] Asprogrades: Asociación a favor de las personas con discapacidad intelectual, <http://www.asprogrades.org>
- [8] Sc@ut, página Web del proyecto. <http://asistic.ugr.es/scaut>
- [9] J.J. Cañas (IP) Diseño de un método de comunicación aumentativo alternativo colaborativo para la mejora del aprendizaje en alumnos con Necesidades Educativas Especiales. Proyecto desarrollado durante el periodo 2005-2007 con un convenio entre el CICODE (Centro de Iniciativas de Cooperación al Desarrollo) de la Universidad de Granada y la Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Andalucía.
- [10] 1er Premio Nacional Ángel Rivière (edición 2006) a la innovación en trabajo con el Autismo al proyecto Sc@ut (concedido por la Asociación Nacional de Profesionales del Autismo AETAPI) dentro de la categoría "Experiencias o prácticas profesionales innovadoras" <http://www.aetapi.org>
- [11] A. Peñalver (2018) Los niños que hablan con los ojos. Ideal Granada <https://www.ideal.es/granada/ninos-hablan-ojos-20180429125450-nt.html>
- [12] #enRed Ratón Óptico(2018) Canal Sur. <https://www.youtube.com/watch?v=Ep4UIqFb8k> [https://twitter.com/EnRed\\_cs/status/1062681302040666114?s=08](https://twitter.com/EnRed_cs/status/1062681302040666114?s=08)
- [13] X. Alaman (IP) e-Training y e-Coaching para la integración socio-laboral (e-Integra). PNI+D Ministerio de Ciencia e Innovación, TIN2013-44586-R. Universidad Autónoma de Madrid, Universidad de Granada, Universidad Rey Juan Carlos. 2014-2017
- [14] Manville, C., Cochrane, G. et al., 2014. Mapping Smart Cities in the EU, Directorate General For Internal Policies Policy Department A: Economic And Scientific Policy, IP/A/ITRE/ST/2013-02
- [15] Yesner Clarke, R. (2013) Smart Cities and the Internet of Everything: The Foundation for Delivering Next-Generation Citizen Services, white paper IDC Government Insights #GI243955 CISCO
- [16] M. Gea, X. Alaman, P. Rodríguez, V. Rodríguez (2016) Towards Smart & Inclusive Society: Building 3d Immersive Museum By Children With Cognitive Disabilities. 8th annual International Conference on Education and New Learning Technologies. Barcelona (Spain).
- [17] Gea M., Alaman X., Rodríguez P. (2016) Transmedia Storytelling for Social Integration of Children with Cognitive Disabilities. In: Uskov V., Howlett R., Jain L. (eds) Smart Education and e-Learning 2016. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 59. Springer, Cham. ISSN: 2190-3018. <http://www.springer.com/series/8767>



- [18] Gea, M. (2017) MuseoGrades. Diario del Museo Virtual Inmersivo e Inclusivo: Interpretando la SmartCity. <http://utopolis.ugr.es/museogrades/>
- [19] Fundación Vodafone, Proyecto Conectados por la accesibilidad <http://www.fundacionvodafone.es/bases-proyectos-transformacion-digital>
- [20] P. Saariluoma, J.J. Cañas, J. Leikas (2016) Designing for Life. A Human Perspective on Technology Development. Palgrave Macmillan

## Arquitectura para el desarrollo de interfaces de correo electrónico para invidentes

David Doyáñez, Javier Gomez, Germán Montoro and Juan Carlos Torrado.

**Abstract:** En este artículo presentamos una arquitectura modular para el desarrollo sencillo de clientes de correo electrónico adaptados a personas ciegas o con problemas severos de visión. Esta arquitectura se basa en la definición de una serie de componentes que luego se pueden añadir, reordenar e intercambiar en el desarrollo de la interfaz de usuario de la aplicación. Para validar y probar la usabilidad de esta arquitectura se ha desarrollado un cliente de correo electrónico adaptado, que presenta la mayoría de funcionalidades existentes en los clientes de correo convencionales.

Notes/Notas:

# Arquitectura para el desarrollo de interfaces de correo electrónico para invidentes

David Doyáñez  
Departamento de  
Ingeniería Informática  
Universidad Autónoma  
de Madrid  
Madrid, España  
david.doyaguez@estudi  
ante.uam.es

Javier Gómez  
Escribano  
Departamento de  
Ingeniería Informática  
Universidad Autónoma  
de Madrid  
Madrid, España  
jg.escribano@uam.es

Germán Montoro  
Departamento de  
Ingeniería Informática  
Universidad Autónoma  
de Madrid  
Madrid, España  
german.montoro@uam.  
es

Juan Carlos Torrado  
Departamento de  
Ingeniería Informática  
Universidad Autónoma  
de Madrid  
Madrid, España  
juan.torrado@uam.es

## ABSTRACT

En este artículo presentamos una arquitectura modular para el desarrollo sencillo de clientes de correo electrónico adaptados a personas ciegas o con problemas severos de visión. Esta arquitectura se basa en la definición de una serie de componentes que luego se pueden añadir, reordenar e intercambiar en el desarrollo de la interfaz de usuario de la aplicación. Para validar y probar la usabilidad de esta arquitectura se ha desarrollado un cliente de correo electrónico adaptado, que presenta la mayoría de funcionalidades existentes en los clientes de correo convencionales.

## PALABRAS CLAVE

Arquitectura software, interfaz para invidentes, correo electrónico

## 1 Introducción

Según la Organización Mundial de la Salud hay aproximadamente 1300 millones de personas con algún tipo de impedimento visual. De estas, 36 millones de personas son ciegas [1].

El uso de tecnología adaptada para estos usuarios es fundamental como parte de su desarrollo personal y su integración en sus entornos sociales y laborales.

Unas de las aplicaciones más utilizadas actualmente son los clientes de correo electrónico. Sin embargo, se trata de elementos complejos que no están bien adaptados a personas ciegas o con impedimentos visuales severos. Los usuarios han de navegar entre múltiples opciones y encontrar los elementos que desean utilizar en cada momento.

Para solucionar esto se han creado algunos sistemas de correo adaptados a personas ciegas [2], [3], [4] y [5]. Sin embargo, estas aproximaciones se basan en aplicaciones específicas que son difícilmente configurables y extensibles.

También es común el uso de aplicaciones basadas en la web [6]. Sin embargo, estos sistemas tienen problemas con los usuarios,

perdiendo el foco de la aplicación o limitando su funcionalidad a costa de la mejora de la usabilidad [7].

En esta propuesta presentamos el desarrollo de una arquitectura genérica que permita la creación no sólo de clientes de correo, sino también de otros programas adaptados a las consideraciones y necesidades concretas de los desarrolladores y usuarios. De esta forma, en contraposición a la solución generalizada que representan los lectores de pantalla, permitimos contextualizar la información para que la navegación por la interfaz sea más amigable que con un lector de pantallas.

Además, a partir de esta arquitectura, se ha desarrollado un cliente de correo para validarla y demostrar su funcionalidad. Este cliente de correo intenta ofrecer una amplia funcionalidad atendiendo a las necesidades específicas de sus usuarios. Por ejemplo, es importante establecer una adecuada gestión de contactos y elementos adjuntos o atender cuestiones complejas como trasladar correos entre diferentes carpetas [8].

## 2 Arquitectura

En lugar de desarrollar un cliente de correo electrónico específico se ha decidido crear una biblioteca genérica que permita la creación sencilla de interfaces adaptadas a las características de cada usuario y aplicación que se quiera desarrollar.

Los componentes de la biblioteca son similares a los componentes de una interfaz gráfica de usuario. Esto es, se basa en elementos como botones, checkboxes, textboxes y listas; con la diferencia principal de que cada uno de estos se presenta de forma adaptada a personas ciegas o con problemas severos de visión.

En la biblioteca todos los componentes actúan de manera genérica, esto es, todos son descritos de forma equivalente mediante el sintetizador de voz.

Como el objetivo de la arquitectura es la creación de una interfaz no visual es necesario extender el paradigma de interfaz convencional a uno adaptado a las nuevas necesidades que se

generan. Una persona sin problemas de visión puede obtener de inmediato información de cualquier parte de la interfaz. Sin embargo, un invidente obtiene la información por medio del sintetizador de voz de forma secuencial. Por lo tanto, la navegación por el cliente de correo también se realiza de forma secuencial.

Los elementos destacados en esta arquitectura (que se ha denominado Blue) son: (1) BlueTTS que representa un sistema de texto a voz genérico. (2) BlueComponent que representa un componente como un botón, una lista de elementos seleccionable, etc. (3) BlueComponentList: Representa una lista de componentes. (4) BlueMenu: Representa un menú o, lo que es lo mismo, un contenedor de componentes agrupados bajo un nombre común. Este es el equivalente a las ventanas en una GUI. (5) BlueLabel: Etiqueta que permite trasladar información genérica al usuario. (6) BlueLabelList: Representa una lista de etiquetas. (7) BlueButton: Representa un "botón", una opción que el usuario puede usar para realizar una acción. (8) BlueButtonList: Representa una lista de botones. (9) BlueTextBox: Representa un componente donde el usuario puede introducir texto. (10) BlueCheckBox: Representa un componente que el usuario puede activar o desactivar. (11) BlueTextReader: Permite la lectura de un texto extenso sin bloquear la aplicación, aparte de permitir navegar por las frases que lo conforman.

Esta arquitectura está planteada de la forma en la que los menús (representados en BlueMenu) son componentes contenedores que permiten agrupar de forma secuencial otros componentes, que pueden ser listas (y tener por tanto otros componentes anidados).

Para conseguir mantener la coherencia y mantener un orden de navegación se ha establecido el concepto de foco. Este es análogo al de las interfaces gráficas. El elemento que tiene el foco es el que tiene la atención del usuario en ese momento.

Los lectores de pantalla hacen un uso intensivo del foco para saber qué hay que leer en cada momento. Los elementos están agrupados de forma secuencial en los menús de modo que resulta sencillo cambiar el foco al siguiente elemento.

Como forma de proporcionar una navegación rápida entre componentes el sintetizador debe empezar a describir inmediatamente el elemento que acaba de tomar el foco.

El usuario ha de tener la opción de poder cambiar el foco en cualquier momento. Para esto el sintetizador de voz deba soportar que se le interrumpa en cualquier momento.

Cada uno de los elementos posee una descripción genérica para que el sintetizador de voz informe al usuario. Sin embargo, en el caso de las etiquetas, también se ha definido un mecanismo que permite conseguir descripciones no estáticas. Esto es, cuando una etiqueta obtiene el foco, se ejecuta una rutina que devuelve una descripción que puede cambiar según el estado de la aplicación. Esto sirve, por ejemplo, para obtener información de otros menús de forma eficiente.

El componente BlueTextBox funciona de una manera ligeramente distinta a lo que estamos acostumbrados. En una interfaz gráfica, cuando el textbox recibe el foco, inmediatamente se puede escribir en él. Pero en una interfaz para invidentes, donde la navegación rápida es esencial, es común tener atajos, como por ejemplo presionar una tecla concreta para navegar a un menú concreto sin tener que llegar a su componente botón asociado. Para evitar una interferencia, por ejemplo, que el usuario desee escribir algo y se mueva a un menú diferente, se ha implementado un modo de entrada de información tipo Vim (edición modal).

Esto implica que el BlueTextBox tiene dos modos de funcionamiento, el modo descriptivo y el modo de inserción. En el modo descriptivo se indica la función del textbox y su contenido, y en modo inserción se van leyendo los caracteres que se van insertando o borrando, aparte de recordar al usuario lo que está escrito cuando cambia al modo de inserción. Al cambiar de modo, se indica al usuario en qué modo se encuentra mediante el TTS.

Este tipo de edición modal nos permite tener una gran flexibilidad no sólo con el BlueTextBox (que soporta copiado y pegado de información), sino que permite usar cualquier tecla para realizar otras acciones mientras estemos en modo descriptivo. Esto facilita considerablemente la navegación y ayuda a mitigar uno de los problemas que tienen en ocasiones los programas que funcionan bajo lectores de pantalla: la pérdida del foco por parte de los usuarios.

A raíz del problema de la pérdida de foco se ha implementado un mecanismo que permite tener atajos para reencontrar el foco. Por ejemplo, se puede permitir que pulsando una tecla por defecto se realice una descripción del menú y el elemento en el que está el usuario. O también que se pueda acceder a una ayuda contextual pulsando otra tecla. Esta ayuda contextual se ha diseñado de modo que esté ligada a cada menú.

También se ha diseñado un sistema de perfiles que permite cambiar la posición de los elementos de un menú y mantenerla guardada para un posterior uso. Por ejemplo, imaginemos un escenario en el que el usuario está acostumbrado a un programa que tiene los elementos en una determinada posición. Con esta arquitectura es posible cambiar los elementos de un menú de posición de forma que el foco resida primero en el elemento que más le interese al usuario. Esta configuración se puede guardar fácilmente y restablecerse de forma transparente al usuario.

Todos esos componentes son fácilmente agregables a la aplicación que se desee crear. El sistema se asegura de que cada elemento tenga un identificador único, a excepción de elementos potencialmente dinámicos como los botones de una BlueButtonList. Esto es útil a la hora de cambiar los elementos de posición, y también permite excluir a los elementos dinámicos del sistema de cambio de posición.

En definitiva, esta arquitectura permite acceder a los elementos de la aplicación de forma secuencial, en contraposición a las interfaces gráficas de usuario. Por medio de técnicas como la

interrupción al sistema de texto a voz y atajos de teclado, el usuario puede recorrer rápidamente la interfaz.

### 3 Aplicación de correo

Para la creación de este cliente de correo se han tenido en cuenta una serie de consideraciones previas que se han establecido como base para el desarrollo de la aplicación.

En primer lugar, se ha decidido realizar un cliente que trabaje como una capa adicional sobre el sistema de correo de Gmail (aunque teóricamente es capaz de operar con cualquier servidor que soporte IMAP y SMTP seguros).

En segundo lugar, se ha establecido que la aplicación de cliente de correo no requiera de ningún tipo de instalación y pueda ejecutarse en cualquier ordenador personal, independientemente de su sistema operativo. Esto permite, por ejemplo, llevar siempre el cliente de correo instalado en un pendrive y utilizarlo de forma sencilla y segura allá donde sea necesario.

El cliente de correo se basa en el concepto de secuencialidad a la hora de navegar y mostrar la información tal y como ya se ha explicado. Los diferentes componentes se muestran de forma secuencial, según una secuencia establecida.

Para avanzar por cada una de los componentes de la secuencia se ha de utilizar la tecla Tab. También es posible retroceder al componente anterior utilizando la combinación de teclas Shift+Tab.

Además, se han establecido una serie de teclas predefinidas a modo de funcionalidades especiales y atajos. Estas son: (1) La tecla R para que el sintetizador de voz repita la información de la etiqueta correspondiente al componente que tiene actualmente el foco. (2) La tecla W ofrece información contextual del menú y el elemento en el que se encuentra el foco. (3) La tecla H ofrece ayuda contextual adicional asociada a cada menú. (4) La tecla Control permite iniciar y parar la inserción de texto cuando el usuario se encuentre en un componente de tipo inserción de texto o textbox. (5) La tecla Enter permite “presionar un botón”, esto es, realizar una acción. (6) Las teclas cursor permiten subir y bajar por los elementos de tipo lista, tales como carpetas de correo, mensajes, etc. (7) La tecla N permite acceder directamente a la secuencia de envío de un nuevo correo electrónico.

La primera vez que se ejecuta el cliente se inicia un pequeño tutorial que explica cómo navegar por la interfaz. A continuación, se entra en un menú de encriptación que permitirá encriptar toda la información de la aplicación con una contraseña maestra. Al tratarse de un cliente portátil y sin instalación se ha considerado necesario que toda la información se almacene de forma suficientemente segura. En concreto se ha usado un algoritmo de cifrado denominado Blowfish, debido a su alta disponibilidad en cualquier sistema operativo y su eficiencia en tiempo de ejecución [9].

A partir de ahí, o en sucesivas ejecuciones, se accede directamente al menú de acceso. En este menú se puede configurar, si no se ha hecho antes, los datos de la cuenta de correo: servidores de entrada, salida, usuarios y contraseñas.

Ya dentro del cliente de correo se entra en el denominado Menú de carpetas. En este menú se empieza en la carpeta Inbox informando del número de correos sin leer. El usuario puede desplazarse, utilizando los cursores, por las diferentes carpetas de correo o acceder a los correos de la carpeta donde se encuentre posicionado. Desde aquí se puede acceder al menú de contactos, el menú de lectura de mail o el de nuevo correo.

En el menú de contactos se puede navegar por la lista de contactos, así como añadir un nuevo contacto.

El menú de lectura de mail se irá desplazando por cada uno de los elementos que componen un correo electrónico. Estos son el asunto del mensaje, remitente, destinatarios, cuerpo del mensaje y ficheros adjuntos. Además, si los mensajes están agrupados en formato conversación se puede avanzar o retroceder a los mensajes posteriores o anteriores de la conversación. Por último, estarán las opciones de responder o reenviar el mensaje.

El menú de escritura de email se desplazará por las opciones destinatarios, con copia, con copia oculta, asunto, cuerpo del mensaje, añadir adjuntos y enviar correo.

Siguiendo un ejemplo sencillo de un usuario situado en la carpeta inbox que lee el primer correo y responde, los pasos que se deberían seguir son los siguientes:

El usuario pulsa la tecla Tab y se posiciona en la lista de emails. Por defecto, al tomar el foco una lista, toma el foco el primer elemento anidado en la lista. Se lee al usuario el asunto del correo. El usuario pulsa Enter y se le avisa de que el correo se está abriendo. Una vez abierto, se avisa al usuario de que se encuentra en el menú de lectura de correo. Por defecto, al tomar el foco un menú lo hace el primer componente de ese menú, en este caso una etiqueta (BlueLabel) que contiene el asunto del correo. Esta se lee al usuario. El usuario pulsa Tab y toma el foco una etiqueta que contiene los destinatarios y las direcciones en copia. Se leen al usuario, indicando que son los receptores. El usuario pulsa Tab y toma el foco otra etiqueta que contiene el emisor, que de nuevo se lee al usuario, indicando que es el emisor. Una vez acabada la lectura del emisor, el usuario pulsa Tab de nuevo y comienza la lectura del cuerpo, contenido en un BlueTextReader. Por defecto, al tomar el foco este componente, se empieza a leer el texto. El usuario puede, en cualquier momento, pausar la lectura con la tecla S, repetir la última frase con R y moverse por las frases mediante los cursores, como si de una lista se tratara. Si no realiza estas acciones la lectura continúa de forma transparente al usuario. El efecto que se consigue con este componente es el de parecer una etiqueta hasta que se le interrumpe, momento en el que se muestra su capacidad de navegación secuencial, siendo un caso particular de una BlueLabelList, en la que cada frase es una BlueLabel. El componente además consigue ser eficiente en

tiempo de ejecución mediante técnicas de threading, esto es, es capaz de detectar qué frase está leyendo en cada momento y enviar al sintetizador sólo el fragmento necesario en cada circunstancia.

Una vez terminada la lectura del cuerpo del email, el usuario pulsa Tab para posicionarse en la lista de adjuntos. El usuario navega con los cursores sobre los ficheros adjuntos y pulsa Enter cuando se encuentra en el que desee descargar. Si descarga un fichero, se le indica que se va a descargar y, una vez finalizado, se le avisa mediante una callback.

Al pulsar Tab, en caso de que no haya emails siguientes ni anteriores en la conversación, tomaría el foco el botón de responder. Si hubiera emails siguientes o anteriores tomaría el foco el botón de siguiente en conversación, y al pulsarlo recargaría el menú de lectura con los datos del email siguiente, procediendo nuevamente a tomar el foco el principio del menú (se leería el asunto).

Si se decide responder o reenviar, el usuario entra en el menú de escritura de correo, con los datos oportunos rellenos (en el caso de la respuesta, el asunto y el destinatario queda relleno, y en el caso del reenvío, el asunto, cuerpo y adjuntos quedan rellenos).

Este es un ejemplo sintético de un caso de uso determinado. El cliente de correo desarrollado soporta la mayor parte de las funcionalidades presentes en un cliente de correo convencional, como pueden ser desplazamiento entre carpetas, mensajes y conversaciones, procesar archivos adjuntos, mover mensajes entre carpetas, etc.

El proceso de navegación se ha realizado de forma que resulte intuitiva y sencilla. El acceso a elementos del mismo tipo se hace de forma análoga. Y además se proporciona ayuda contextual y atajos para que usuarios con menos experiencia o más avanzados puedan navegar por la interfaz según sus necesidades.

#### 4 Conclusiones y trabajo futuro

En este artículo hemos presentado una arquitectura para la creación de clientes de correo electrónico adaptadas a personas ciegas o con impedimentos severos de visión.

La arquitectura se ha desarrollado de modo que la creación de estos clientes de correo sea lo más sencilla posible. Además, se ha definido con el objetivo de que los clientes desarrollados sean modulares, configurables y adaptados a las necesidades concretas que se establezcan.

A partir de esta arquitectura se ha creado un cliente de correo para demostrar su viabilidad y utilidad. El cliente de correo está adaptado a las necesidades de navegación de las personas ciegas. Pero a su vez intenta maximizar su funcionalidad, para ser lo más cercana posible a la de un cliente de correo convencional.

Aunque la parte correspondiente a este trabajo ha sido la creación de una arquitectura sencilla y modular, el objetivo final es la creación de clientes de correo adaptados a los usuarios finales. Es

por esto que como trabajo futuro quedaría validar la propuesta de cliente de correo desarrollada con usuarios reales.

También hay otros aspectos que mejorar en esta propuesta. Concretamente, el soporte para ciertos caracteres especiales en diferentes sistemas operativos, mejoras en el parsing de los hipervínculos para pasarlos al sintetizador de voz, mejoras en el componente de lectura de textos largos, pruebas de integración de diferentes sintetizadores de voz, capacidad de cambiar el idioma en tiempo de ejecución, integración con la configuración del lector de pantalla del usuario (permitiendo un descubrimiento en tiempo real del lector de pantalla) o añadir la posibilidad de describir imágenes mediante técnicas de reconocimiento de imágenes.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Proyecto “e-Madrid: Investigación y desarrollo de tecnologías educativas en la Comunidad de Madrid” (P2018/TCS-4307).

#### REFERENCIAS

- [1] Bourne RRA, Flaxman SR, Braithwaite T, Cicinelli MV, Das A, Jonas JB, et al.; Vision Loss Expert Group. Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Glob Health*. 2017 Sep;5(9):e888–97.
- [2] Akif Khan1, Shah Khusro, Badam Niazi, Jamil Ahmad, Iftikhar Alam, Inayat Khan. 2018. TetraMail: a usable email client for blind people. *Universal Access in the Information Society*, September 2018. <https://doi.org/10.1007/s10209-018-0633-5>
- [3] K.V.N. Sunitha, N. Kalyani. 2010. VMAIL Voice Enabled Mail Reader. *International Conference on Recent Trends in Information, Telecommunication and Computing*.
- [4] Hari Priya S L, Karthigasree S, Revathi K. 2015. Voice –Based E-Mail (V-Mail) for blind. *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*.
- [5] Apoorva Kale, Ashwini Jenekar, Shradha Kapse, Romi Taskar, Shruti Menon. 2018. Voice Based Email System. *International Journal on Future Revolution in Computer Science & Communication Engineering*. 4, 3.
- [6] G.Shoba, G.Anusha, V.Jeevitha, R.Shanmathi. 2014. An interactive email for visually impaired. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 3, 1.
- [7] Brian Wentz, Jonathan Lazar. 2011. Usability Evaluation of Email Applications by Blind Users. *Journal of Usability Studies*, 6, 2, 75-89.
- [8] Brian Wentz, Harry Hochheiser, J. Lazar. 2010. Email Usability for Blind Users. *Designing Inclusive Interactions: Inclusive Interactions Between People and Products in Their Contexts of Use*, 197-206.
- [9] Priyadarshini Patil, Prashant Narayankar, Narayan D.G, Meena S.M. 2016. A Comprehensive Evaluation of Cryptographic Algorithms: DES, 3DES, AES, RSA and Blowfish. *Procedia Computer Science*, 78, 617-624.

**Análisis de la ejecución de tareas en una interfaz de visualización de datos y su implicación en el desempeño individual**

Maitane Mazmela Etxabe, Ganix Lasa Erle and Aitor Agirre Ortuzar.

**Abstract:** Este trabajo de investigación presenta una aproximación para la evaluación de interfaces de visualización de datos mediante el análisis del valor TTF (Task Technology Fit), la experiencia de usuario y las características que influyen durante la ejecución de tareas. Se ha llevado a cabo una experimentación donde se ha analizado una interfaz de consulta de datos energéticos recogidos por los sistemas de monitorización en el hogar. Los resultados demuestran que la solución digital analizada no ofrece el ajuste necesario para obtener resultados satisfactorios en términos de desempeño individual, generando tiempos de ejecución y tasas de error elevadas. La investigación realizada ha permitido validar que el método propuesto permite evaluar interfaces de visualización de datos y muestra la criticidad del factor de carga mental.

Notes/Notas:



# Análisis de la ejecución de tareas en una interfaz de visualización de datos y su implicación en el desempeño individual

Maitane Mazmela  
DBZ Design Innovation Centre  
Mondragon Unibertsitatea  
Loramendi 4, Arrasate (Spain)  
mmazmela@mondragon.edu

Ganix Lasa  
DBZ Design Innovation Centre  
Mondragon Unibertsitatea  
Loramendi 4, Arrasate (Spain)  
glasa@mondragon.edu

Aitor Agirre  
Data Analysis and Cybersecurity  
Research Group  
Mondragon Unibertsitatea  
Loramendi 4, Arrasate (Spain)  
aagirre@mondragon.edu

## ABSTRACT

Este trabajo de investigación presenta una aproximación para la evaluación de interfaces de visualización de datos mediante el análisis del valor TTF (*Task Technology Fit*), la experiencia de usuario y las características que influyen durante la ejecución de tareas. Se ha llevado a cabo una experimentación donde se ha analizado una interfaz de consulta de datos energéticos recogidos por los sistemas de monitorización en el hogar. Los resultados demuestran que la solución digital analizada no ofrece el ajuste necesario para obtener resultados satisfactorios en términos de desempeño individual, generando tiempos de ejecución y tasas de error elevadas. La investigación realizada ha permitido validar que el método propuesto permite evaluar interfaces de visualización de datos y muestra la criticidad del factor de carga mental.

## CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing** → **Human computer interaction (HCI)**; HCI theory, concepts and models

## KEYWORDS

Interacción, desempeño, interfaz, TTF, UX, HCI

## 1 INTRODUCCIÓN

Las organizaciones industriales realizan grandes inversiones para la introducción de nuevas tecnologías que tienen el potencial de generar un cambio de paradigma en la forma de trabajar de los operarios. Sin embargo, estas inversiones pueden no dar resultados positivos si las innovaciones no son adoptadas por los usuarios tal y como se preveía. Debido a la incorporación de los avances e innovaciones tecnológicas en el entorno empresarial, el conocimiento sobre el grado de adopción de las tecnologías ha ido adquiriendo cada vez más relevancia.

Varios estudios han revelado que la adopción de las tecnologías no se relaciona únicamente con aspectos relacionados con la tecnología, sino que es un proceso mucho más complejo que involucra dimensiones relacionadas con la actitud y personalidad del individuo [1], la influencia social [2], confianza [3] y numerosas condiciones facilitadoras [4].

Aunque la adopción de la tecnología sea una de las áreas de investigación más maduras en Tecnologías de la Información (TI), la evolución de las tecnologías ha facilitado la conceptualización

de nuevos factores para explicar mejor el fenómeno de la apropiación de las innovaciones. En esta línea, toman especial interés las teorías como el Ajuste Tarea-Tecnología (TTF), el cual tiene como objetivo determinar cómo las tecnologías ayudan a las personas durante la ejecución de sus tareas, centrándose en la capacidad de una TI para apoyar una tarea [5]. El modelo TTF postula que las TIs serán utilizadas si se ajustan a las actividades del usuario.

Por otra parte, la Experiencia de Usuario (UX) se ha puesto de relieve ya que se vincula con las emociones percibidas por los usuarios tras el proceso de interacción y tiene implicaciones en el conocimiento humano, el proceso de aprendizaje o la toma de decisiones. Se conoce que las emociones positivas pueden aumentar la motivación e implicación de las personas, favoreciendo el desarrollo de trabajadores más activos, críticos, participativos, motivados y con mayor vínculo afectivo respecto a lo que les rodea. Además, si la experiencia es satisfactoria, el desempeño individual de los trabajadores se verá influenciada positivamente [6].

### 1.1 El valor TTF, la Experiencia de Usuario y su impacto en el desempeño individual

Diversos autores afirman que el valor TTF, el UX y el desempeño individual son tres factores que están interrelacionados. Uno de los modelos que recoge de forma holística los factores mencionados es el modelo TAMUX [7].

El valor TTF es el ajuste o correspondencia entre los requisitos de la tarea, las capacidades individuales y la funcionalidad de la tecnología. Goodhue [8] postula que el ajuste entre la tarea y la tecnología es el mayor determinante de la utilidad de un sistema de información. Autores como Goodhue y Thompson [5] y Kositanurit et al., [9] han encontrado además relación entre el valor de ajuste y el desempeño individual.

En lo que se refiere a las características del individuo, supone tratar la relación entre las necesidades de la tarea y las habilidades y conocimientos del usuario. Thüning y Mahlke [10] defienden que las características de la persona, el sistema y la tarea son los determinantes de las características de interacción, que determinan a su vez el UX. En esta línea, autores como Bonnardel y Moscardini [6] sugieren que las emociones positivas pueden mejorar la eficiencia de las tareas y el aprendizaje.

Lockner y Bonnardel [11] señalan que la experiencia de la interfaz se constituye por los siguientes determinantes: el



contenido, el diseño y la tarea integradas en la interfaz. La experiencia a su vez, influye en el factor de aprendibilidad y la intención continuada de uso, siendo determinantes del desempeño individual.

## 1.2 La ejecución de tareas

El esfuerzo durante la ejecución de tareas es otro determinante para evaluar el desempeño individual [12]. En esta línea, el concepto de carga de tareas puede ser útil para estudiar la dificultad percibida de la tarea y el esfuerzo asociado, siendo conceptos que han sido destacados como un desafío importante por Hornbæk [13]. Se conoce que cuando un sistema minimiza la carga de tareas extrañas, se consigue mejor usabilidad y experiencias de usuario más positivas [14].

La utilidad de un sistema a su vez, se relaciona con la percepción del individuo sobre su eficacia y productividad. Además, está en directa relación con la facilidad de uso, ya que un sistema sencillo y fácil de usar se percibirá como más útil, requiriendo menos esfuerzo al usuario en términos de interacción y facilitando su aprendizaje. Además, se conoce que los atributos mencionados generan un impacto positivo en la satisfacción de uso. Asimismo, se conoce que la satisfacción derivada mediante las emociones positivas puede mejorar la eficiencia de las tareas y el aprendizaje [6], [15] incluso en interfaces de visualización de datos.

## 2 OBJETIVO

Este trabajo presenta la aproximación definida para el análisis de la ejecución de la tarea por parte de los usuarios en una interfaz de visualización de datos. La aproximación parte del modelo TAMUX [7] orientado a interfaces industriales y esta comunicación tiene como objetivo validarla analizando (i) el ratio de errores cometidos por los usuarios, (ii) el tiempo de ejecución real que han necesitado para ejecutar cada tarea y (iii) la experiencia de usuario de cada participante.

## 3 MÉTODO

El estudio ha sido de tipo empírico y cuantitativo con el objetivo de analizar el impacto en el desempeño de un software de visualización de datos, el cual permite consultar los datos energéticos recogidos por los sistemas de monitorización en el hogar. La aplicación analizada, una aplicación web denominada CITYFIED, sigue la estrategia de reducir la demanda energética y las emisiones de gases de efecto invernadero, junto con el incremento del uso de fuentes de energías renovables. En este apartado se describen el listado de verificación, el cuestionario y el método de observación GOMS-HRA utilizados para el análisis de la interfaz de visualización de datos.

### 3.1 Participantes y procedimiento

Para la realización de los testeos, la muestra ha sido de 20 personas, del cual el 60% han sido mujeres y el 40% hombres.

Los perfiles se han seleccionado en base al nivel de utilización y manejo de TIs tanto como su edad, comprendida entre 20-35 años.

Los usuarios han tenido que realizar 9 tareas y evaluar tras ello su experiencia con la aplicación CITYFIED. Las tareas definidas han sido de una elevada carga interpretativa y llevadas a cabo en un entorno de laboratorio. Todas las actividades han estado dirigidas por un moderador y han sido realizadas en la pantalla Multi-Touch HANNSpree HT225HPB.

### 3.2 Listado de verificación

Tal y como se ha mencionado anteriormente, el valor de ajuste entre la tarea y la tecnología es el mayor determinante de la utilidad de un sistema de información y a su vez, del desempeño individual.

Para evaluar el encaje entre la tarea y la tecnología, se ha diseñado un listado de verificación específico que mide la correspondencia entre los requisitos de la tarea y la funcionalidad de la tecnología en una solución de visualización de datos. La lista consta de 44 ítems, agrupados en tres grupos que determinan las funcionalidades que ofrece la aplicación CITYFIED; configuración de datos, interpretación de datos y búsqueda de información.

Para la definición de este listado de verificación, se ha adecuado el listado de verificación para la evaluación de HMIs industriales definido por Mazmela [16], el cual se basa en la norma ISO/EICE 25010: 2011 [17] y los heurísticos de Nielsen [18].

### 3.3 Observación GOMS-HRA

Se ha utilizado el método analítico GOMS-HRA [19] para describir el nivel de tareas en las actividades a realizar. El objetivo de utilizar este método ha sido el de analizar el ratio de errores y el tiempo de ejecución de tareas.

Para evaluar los tiempos de ejecución de tareas, se han considerado los tiempos establecidos en el método KLM (*KeyStroke Level Model*) [20] para cada interacción. Estos valores serán determinantes para obtener los tiempos totales de ejecución estimados para cada tarea.

Con el objetivo de recoger la secuencia de actividades durante la tarea y los valores de tiempo y ratio de errores, se ha diseñado un software específico. Éste, tiene dos funciones principales: (i) detectar los eventos interesantes que ocurren en la interfaz y (ii) almacenarlos en una Base de Datos para el posterior análisis de los datos recogidos.

Debido a que la interfaz a estudiar está desarrollada en HTML, se le ha añadido un widget desarrollado en el lenguaje JavaScript. Este programa registra los eventos táctiles y es por ello que los operadores seleccionados para analizar las interacciones han sido los definidos por el modelo TLM (*Touch Level Model*) [20]. Para esta experimentación, debido a las características de la aplicación CITYFIED, los operadores recogidos como eventos han sido el "tap", el "swipe/scroll" vertical y el "swipe/scroll" horizontal, despreciando la latencia del sistema. La información relacionada con los eventos se almacena en formato JSON, un formato estándar y ligero de intercambio de datos. Estos datos se envían a

Análisis de la ejecución de tareas en una interfaz de visualización de datos y su implicación en el desempeño individual.

un servidor en tiempo real para que este los almacene en una Base de Datos documental (MongoDB) [21] para que posteriormente puedan ser analizados.

### 3.4 Cuestionario utilizado

Para evaluar la Interacción Humano-Computadora (*HCI, Human Computer Interaction*) se ha utilizado el cuestionario Utilidad, Satisfacción y Facilidad de Uso (*USE, Usefulness, satisfaction and Ease of Use*) diseñado por Lund [22].

El cuestionario se compone de 27 preguntas evaluadas mediante la escala de Likert de 7 puntos. El objetivo del mismo es analizar la usabilidad de la interfaz gráfica en base a los siguientes cuatro factores: utilidad, facilidad de uso, facilidad de aprendizaje y satisfacción.

### 3.5 Análisis de datos

Para el análisis de datos, se han tomado en consideración el valor TTF obtenido tras la cumplimentación del listado de verificación, los valores de tiempo de ejecución de tareas y el ratio de errores obtenidos durante la observación de la experimentación, y por último, las respuestas de los usuarios obtenidos mediante el cuestionario USE.

## 4 RESULTADOS

Este apartado recoge los resultados obtenidos de la experimentación. Se han analizado el (i) Valor TTF, (ii) la ejecución de la tarea y (iii) la experiencia de usuario.

### 4.1 Valor TTF

Para medir el Valor TTF, se ha desarrollado un listado de verificación basado en los factores que determinan las características de la tarea y el software CITYFIED.

El resultado obtenido tras la evaluación de la interfaz de visualización de datos, cumple con 21 de los ítems, esto es, cumple en un 47,7% el Valor TTF ideal.

Con el resultado obtenido, y comparando los resultados mostrados por Mazmela [16] para HMI's industriales, la interfaz no ofrece el suficiente Ajuste para la obtención de valores satisfactorios respecto al desempeño individual.

### 4.2 Ejecución de la tarea

Los resultados obtenidos durante la ejecución de tareas se recogen en base al tiempo de ejecución de las mismas y el ratio de errores.

**4.2.1 Tiempo de ejecución de tareas.** Los resultados muestran que, en el cómputo total de tareas ejecutadas por los usuarios, el 97,22% ha superado el tiempo de ejecución estimado. El tiempo estimado para la realización del test ha sido de 2'34''850, mientras que la media del tiempo real que han requerido los usuarios para la ejecución de tareas, ha sido de 11'32''042. La Figura 1 muestra los tiempos que han necesitado cada uno de los usuarios para realizar cada una de las 9 tareas. Mediante la línea más gruesa, se visualiza el tiempo estimado, siendo el resto de las

INTERACCIÓN 2019, June, 2019, Donostia, Gipuzkoa, Spain

líneas los correspondientes al tiempo de ejecución real de cada usuario.

En la Figura 1 se puede observar que las tareas 4 y 7 han sido las que más problemas han ocasionado. En la tarea 4, el tiempo estimado para la realización de la tarea ha sido de 11''9 y el usuario 6, el que más tiempo ha necesitado, ha tardado 5'31'' más de lo estipulado. Para la tarea 7, los datos son similares, el tiempo estimado ha sido de 24'' y el usuario que más tiempo ha necesitado, el usuario 3, ha terminado la tarea en 5'44'' más de lo estimado.

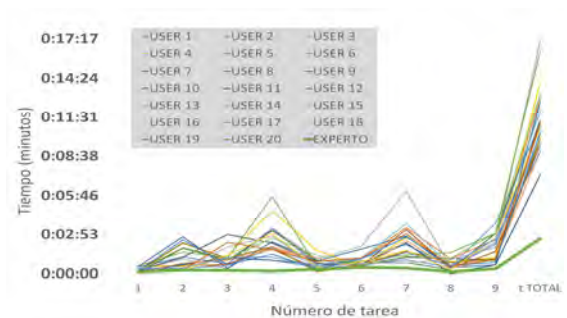


Figura 1: Tiempo de ejecución de tareas

**4.2.2 Ratio de errores.** Para recoger la tasa de errores del software, se han medido los errores que han realizado los usuarios en cada una de las acciones. Si analizamos la Figura 2, se puede observar que las tareas 4 y 7 han sido las que más errores han ocasionado. La Figura 2 muestra que el número de clicks óptimo para la ejecución de la tarea 4 ha sido de 3 interacciones y el usuario que más dificultades ha tenido para finalizar la tarea, el usuario 6, ha necesitado 79 interacciones, seguido por el usuario 5 que ha necesitado 63 interacciones para ejecutar la tarea 4. Ha sido únicamente el 15% de la muestra el que ha completado dicha tarea sin errores. La tarea 7 también ha generado dificultades en algunos usuarios, siendo el número óptimo de interacciones de 4 frente a 59 interacciones que ha necesitado el usuario 3, el que más errores ha cometido.

### 4.3 Experiencia de usuario (UX)

Los resultados obtenidos del cuestionario USE, se han recogido en base a la agrupación de preguntas del cuestionario: utilidad, facilidad de uso, facilidad de aprendizaje y satisfacción. Si analizamos las puntuaciones medias de los usuarios, se observa que la utilidad es la variable mejor valorada con 6,7 puntos de media sobre 10. Asimismo, la facilidad de uso obtiene 5,4 puntos de media y la facilidad de aprendizaje 5,6 puntos de media. Para finalizar, la satisfacción general es evaluada con 5 puntos sobre 10.

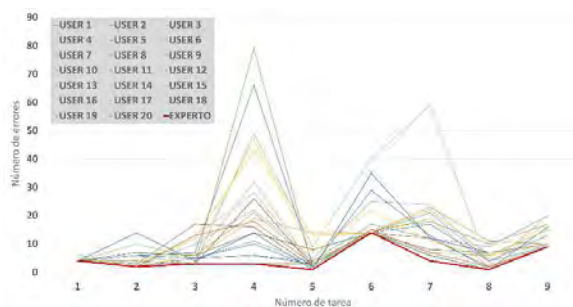


Figura 2: Número de errores por cada tarea

## 5 CONCLUSIONES

La aproximación propuesta en esta comunicación, que parte del modelo TAMUX [7] orientado a interfaces industriales, permite evaluar una interfaz de visualización de datos mediante el análisis del valor TTF, la evaluación de los usuarios participantes y la observación. Se concluye que la adaptación realizada es adecuada para el análisis de interfaces de visualización de datos ya que permite conocer (i) el ratio de errores cometidos por los usuarios, (ii) el tiempo de ejecución real que han necesitado para ejecutar cada tarea y (iii) la experiencia de usuario de cada participante.

En cuanto a consideraciones metodológicas, uno de los aspectos clave es la adaptación del listado de verificación en base a la tipología de interfaz y las funcionalidades que ofrece dicha solución digital.

Por otra parte, se ha observado que la cantidad de errores y el tiempo necesitado por los usuarios para ejecutar las tareas no tiene correlación con los valores obtenidos en relación a la Experiencia de Usuario. La interfaz analizada tiene un alto componente de operador mental, esto es, los usuarios deben mostrar sus capacidades para interpretar los datos. En esta línea, los usuarios tienden a evaluar la interfaz en base a su experiencia y capacidad, y es por ello que los datos como la facilidad de aprendizaje obtienen valores más altos de lo que la realidad ofrece. De los resultados obtenidos, se evidencia que los usuarios que mayor tasa de error y tiempo de ejecución han necesitado, evalúan la interfaz en términos generales como fácil de usar y aprender, distando mucho de los datos recogidos durante los testeos.

Por otra parte, y tomando como referencia la relación entre el valor TTF y el desempeño individual en soluciones industriales, la experimentación llevada a cabo concluye que el valor TTF también es un factor determinante para evaluar el desempeño individual en interfaces de visualización de datos.

Como líneas futuras, se considera que el modelo debe reforzar el conocimiento sobre los operadores mentales y ofrecer mecanismos para recoger de forma más detallada la secuencia de actividades y el tiempo de ejecución total estimado.

## 6 AGRADECIMIENTOS

Este artículo de investigación se ha desarrollado en el marco del proyecto CITYFIED y ha recibido financiación del séptimo programa de investigación, desarrollo tecnológico y demostración de la Unión Europea en virtud del acuerdo de subvención nº 609129.

## REFERENCIAS

- [1] V. Venkatesh, M. G. Morris, G. B. Davis, and F. D. Davis, "User acceptance of information technology: Toward a unified view," *MIS Q.*, pp. 425–478, 2003.
- [2] M. Fishbein and I. Ajzen, *Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research*. 1975.
- [3] D. Gefen, E. Karahanna, and D. W. Straub, "Trust and TAM in Online Shopping: An Integrated Model," *undefined*, 2003.
- [4] R. L. Thompson, C. A. Higgins, and J. M. Howell, "Personal computing: toward a conceptual model of utilization," *MIS Q.*, pp. 125–143, 1991.
- [5] D. L. Goodhue, R. L. Thompson, and B. D. L. Goodhue, "Task-Technology Fit and Individual Performance," *Mis Q.*, vol. 19, no. 2, pp. 213–236, 1995.
- [6] N. Bonnardel and L. Moscardini, "Toward a situated cognition approach to design: effect of emotional context on designers' ideas," in *Proceedings of the 30th European Conference on Cognitive Ergonomics*, 2018, pp. 15–21.
- [7] M. Mazmela, G. Lasa, E. Aranburu, I. Gonzalez, and D. Reguera, "TAMUX model for industrial HMI evaluation from UX and task performance perspective," in *ACM International Conference Proceeding Series*, 2018.
- [8] D. L. Goodhue, "Comment on Benbasat and Barki's" Quo Vadis TAM" article.," *J. Assoc. Inf. Syst.*, vol. 8, no. 4, p. 15, 2007.
- [9] B. Kositanurit, O. Ngwenyama, and K.-M. Osei-Bryson, "An exploration of factors that impact individual performance in an ERP environment: an analysis using multiple analytical techniques," *Eur. J. Inf. Syst.*, vol. 15, no. 6, pp. 556–568, 2006.
- [10] M. Thüring and S. Mahlke, "Usability, aesthetics and emotions in human-technology interaction," *Int. J. Psychol.*, vol. 42, no. 4, pp. 253–264, Aug. 2007.
- [11] D. Lockner and N. Bonnardel, "Emotion and Interface Design How to measure interface design emotional effect?," 2014.
- [12] E. A. Locke and G. P. Latham, "Building a practically useful theory of goal setting and task motivation: A 35-year odyssey.," *Am. Psychol.*, vol. 57, no. 9, p. 705, 2002.
- [13] K. Hornbaek and E. Lai-Chong Law, "Meta-Analysis of Correlations Among Usability Measures," in *CHI '07 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2007.
- [14] B. Hollender, N., Hofmann, C., Deneke, M., & Schmitz, "Integrating cognitive load theory and concepts of human-computer interaction.," *Comput. Human Behav.*, 2010.
- [15] S. D'Mello and A. Graesser, "Dynamics of affective states during complex learning," *Learn. Instr.*, vol. 22, no. 2, pp. 145–157, 2012.
- [16] M. Mazmela, "Nuevo modelo para la evaluación del nivel de aceptación tecnológica desde la perspectiva de la interacción y experiencia de usuario para el desarrollo de entornos interactivos industriales adaptados a las necesidades de las personas.," Mondragon Unibertsitatea, 2018.
- [17] "ISO/IEC 25010: Software engineering-Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE), Quality model." 2011.
- [18] J. Nielsen, "10 usability heuristics for user interface design," *Nielsen Norman Gr.*, vol. 1, no. 1, 1995.
- [19] R. L. Boring, T. A. Ulrich, and M. Rasmussen, "Task level errors for human error prediction in GOMS-HRA," pp. 433–439, 2018.
- [20] S. K. Card, T. P. Moran, and A. Newell, "The keystroke-level model for user performance time with interactive systems," *Commun. ACM*, vol. 23, no. 7, pp. 396–410, Jul. 1980.
- [21] "MongoDB." <http://www.mongodb.org>.
- [22] A. M. Lund, "Measuring usability with the USE questionnaire," *Usability interface*, vol. 8, no. 2, pp. 3–6, 2001.



**Session 3B: Development and Design Methods I  
(English)**





**Product Design and Development methodologies vs. Multimedia Systems Development methodologies: An approximation from the foundations of their disciplines**

Carlos Alberto Peláez Ayala, Andrés Solano, Toni Granollers and Paola Andrea Castillo.

**Abstract:** This work focuses on a study related with some of the main and recognized methodologies for product design and development (PDD), centered on those aspects identified as most relevant and related with the practices for Multimedia Systems (MS) development, from disciplines as Human-Computer Interaction (HCI), Software and Systems Engineering. The study makes an analysis about the practices involved in the MS development, in contrast with to those applied in the processes for product design and development, finding a set of elements represented in process and activities, not represented in the MS development methodologies, evidencing wide gaps between both contexts. These findings lead to an analysis and a set of conclusions, recommended for works related to the design and conception of new methodologies for MS development.

Notes/Notas:



**Improving agile software development methods by means of user objectives:  
An end user guided acceptance test-driven development proposal**

Begoña Losada, Juan Miguel López and Maite Urretavizcaya.

**Abstract:** This paper aims to combine a user centred agile methodology with Acceptance Test-Driven Development in an efficient manner. Our aim is to ensure usability throughout the Software Life Cycle that allows requirement compliance to be agreed upon by stakeholders (including end users), which is subsequently used to guide the software development process. In addition, we propose to facilitate the software reuse based on User Objectives (that reflect end user needs), which is particularly useful for decreasing development costs. This proposal has been used to develop a new version of an existing application. This approach takes both end user evaluations and correct reuse of previous developments into account. Following the proposed approach, 23 agile iterations and 218 acceptance tests were carried out. Developing and executing the tests required around 34% of the total project time. Using this combined approach has led us to develop a usable application that meets the requirements specified by its end users.

Notes/Notas:



**Towards automatic web navigation based on client-side interaction data**

Iñigo Perona, Ainhoa Yera, Olatz Arbelaitz, Javier Muguerza, J. Eduardo Pérez and Xabier Valencia.

**Abstract:** Nowadays the importance of digital competences is unarguable and specially for people with functional diversity. On the other hand, the website should adapt to the user necessities automatically. This work focuses on the latter, in detecting navigation problems automatically. Firstly, the device used by the user will be detected by proposing two level hierarchy of supervised classifiers that divides in different levels errors of different criticality. Afterwards, in order to detect problems automatically clustering algorithms and anomaly detection have been used, finding for each device a set of potential problems' indicators automatically. Moreover, the effect of cursor's adaption in different problems has been analyzed.

Notes/Notas:





## Session 3C: Games and Gamification (English)





**The quest for a better tailoring of gameful design: An analysis of player type preferences**

Alberto Mora Carreño, Gustavo F. Tondello, Laura Calvet, Carina Gonzalez-González, Joan Arnedo-Moreno and Lennart E. Nacke.

**Abstract:** Gameful systems are often developed using "one size fits all" approaches. However, it would be better to tailor the experience according to each participant's personal preferences. On that regard, player types and game design elements are the main personalization dimensions that have been studied in the literature, even though such studies often lack empirical validation, employing very small or local samples. This paper presents the results of an exploratory study that further investigates user types and preferences for different game design elements. Results show the relationships between gender, age, and culture among and between player types as well as how different game design elements influence the participants.

Notes/Notas:



**Persuasive games in interactive spaces: The Hidden Treasure game**

Clara Bonillo Fernández, Teresa Romão and Eva Cerezo.

**Abstract:** The final goal of persuasive technology is to change people's attitudes, behaviors, or both, through persuasion and social influence, and by using entertainment as the key to encourage people to keep using the persuasive application. In this work, we present the prototype of a persuasive hybrid game played in an Interactive Space, The Hidden Treasure, whose aim is to foster good social behavior in children. The Interactive Space where the game is played and the toolkit used to develop the game are also explained. Finally, the persuasiveness of the game is partly assessed by using a framework used to evaluate this kind of systems.

Notes/Notas:

**Teaching principles of programming without ICT: Sharing experiences on the design of a board game**

María Alexandra Espinosa C, Román Eduardo Sarmiento Porras, Nitae A. Uribe O., Ariel O. Ortiz B and Pedro E. Casanova N.

**Abstract:** This article shows the results of the development of a prototype of a board game aimed at enhancing player's skills such as teamwork, creativity, problem solving, and development of basic programming skills required in engineering careers. The prototype uses the MDA framework (Mechanics, Dynamics and Aesthetics) to create games and is constantly tested to improve the interaction between the prototype and its participants. It was established that "between-shift" times represent a relevant factor for the maintenance of immersion flow and interest. The prototype was validated by the teachers of the System Engineer program and by a focus group, with an unstructured protocol, with as a premise to evaluate the playability factors in the development of the prototype. The user experience was evaluated in relation to the gameplay and entertainment level in different contexts. The participants experienced the four characteristic phases of board games: Unboxing, Setup, Initial Play and Disassembly, so OOBE (Out-Of-Box-Experience) is used to evaluate the game experience. Acceptance was expressed for the first module developed, and the feedback received will serve as design recommendations and future improvements for the first module and the development of the second. Emphasis is placed on the need to implement strategies of this type to replace ICT used as support methodology, when students do not possess enough and / or developed technological skills.

Notes/Notas



:



## Session 4A: Accessibility II (Spanish)



Interacción 2019

2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain



**Proto-patrones de diseño para mejorar la interacción en videojuegos de personas con ceguera del color**

Josefa Molina-Lopez and Nuria Medina Medina.

**Abstract:** Currently, video games are a key piece in the entertainment and culture of our society; without prejudice to the values, knowledge or skills that they implement when dealing with serious games. For this reason, they should not be treated as an accessory element but as a resource that all people should have at their disposal to achieve true digital inclusion. However, the video game is a multimedia product where interaction is the paradigm that drives everything that the player receives or transmits and, therefore, usually presents important accessibility barriers for some groups, such as people with limitations in their visual function. In order to address the problems presented by people with visual diversity, several design guidelines have emerged to guide designers and developers during the resolution of such interaction conflicts. In this line, and based on our extensive experience in the field of video games and accessibility, the present work proposes a set of twelve design proto-patterns that aims to develop these guidelines around the main difficulties encountered by people with color blindness when they try to play a video game.

Notes/Notas:



# Proto-patrones de diseño para mejorar la interacción en videojuegos de personas con ceguera del color

Josefa Molina-Lopez  
Lenguajes y Sistemas Informáticos  
Universidad de Granada  
Granada, España  
pepaml@correo.ugr.es

Nuria Medina-Medina  
Lenguajes y Sistemas Informáticos  
CITIC-UGR. Universidad de Granada  
Granada, España  
nmedina@ugr.es

## ABSTRACT

Currently, video games are a key piece in the entertainment and culture of our society; without prejudice to the values, knowledge or skills that they implement when dealing with serious games. For this reason, they should not be treated as an accessory element but as a resource that all people should have at their disposal to achieve true digital inclusion. However, the video game is a multimedia product where interaction is the paradigm that drives everything that the player receives or transmits and, therefore, usually presents important accessibility barriers for some groups, such as people with limitations in their visual function. In order to address the problems presented by people with visual diversity, several design guidelines have emerged to guide designers and developers during the resolution of such interaction conflicts. In this line, and based on our extensive experience in the field of video games and accessibility, the present work proposes a set of twelve design proto-patterns that aims to develop these guidelines around the main difficulties encountered by people with color blindness when they try to play a video game.

## CONCEPTOS CCS

Human-centered computing → Accessibility design and evaluation methods.

## PALABRAS CLAVE

Videojuegos, Discapacidad visual y ceguera del color, Barreras de accesibilidad, Pautas y patrones de diseño.

## 1 Introducción

Existen cada vez más iniciativas para eliminar las barreras con las que los colectivos de personas con diversidad funcional se encuentran en su quehacer cotidiano; convirtiendo la accesibilidad en el medio para lograr su inclusión en la sociedad. Dado el impacto que la Web tiene en nuestros días en cuanto a acceso a la información, entretenimiento y redes sociales, uno de los campos en los que más se ha estado trabajando es el de la accesibilidad web, donde podemos mencionar como un estándar las pautas de accesibilidad de la W3C (*World Wide Web Consortium*) [1]. No obstante, debido a la cada vez más importante presencia del ocio digital (según la compañía *Newzoo* [2]) es el principal motor de

entretenimiento global y una industria que ha sido capaz de generar 134.900 millones de dólares en 2018, previéndose que para 2021 dicho mercado mundial alcance los 174.000 millones con un crecimiento anual medio del 9,3%), encontramos también guías de accesibilidad ([3-5]) que intentan mejorar la experiencia de usuarios con limitaciones funcionales durante el uso de software lúdico, en particular de videojuegos. Estas pautas tratan de ayudar a desarrolladores y diseñadores a mejorar la accesibilidad en el mundo de los videojuegos, aumentando así su público objetivo (según la Organización Mundial de la Salud [6], en enero de 2018, más de 1000 millones de personas padecía algún tipo de discapacidad, lo que representa un 15% de la población mundial).

Las mencionadas pautas de accesibilidad deberían ser tenidas en cuenta durante el diseño del videojuego para generar un producto inclusivo, aunque también podrían ser aplicadas a posteriori sobre un producto existente para mejorar su accesibilidad. En cualquier caso, dichas pautas serán muy diferentes en función de la problemática que atienden; y se establecerán a partir de un estudio de la interacción del colectivo de interés con el videojuego, con objeto de detectar las barreras existentes. En nuestro caso, nos preocupan especialmente las dificultades que presentan las personas con capacidad visual reducida al jugar a videojuegos, por ejemplo: la imposibilidad de recibir estímulos visuales a través de lectores de pantalla (como *Voice Over*) o sintetizadores de voz [3], la no adecuación del tamaño/fuente del texto, no permitir el ajuste del contraste [7], basar información esencial del juego únicamente en el color [8], etc.

Más concretamente, en este trabajo, vamos a conducir un estudio teórico de la interacción entre personas con ceguera del color y los videojuegos, proponiendo un conjunto de proto-patrones de diseño que faciliten dicha interacción y traduzcan los estímulos basados en información del color a otro formato perceptible para ellos. Creemos que es un esfuerzo necesario, ya que “la accesibilidad en videojuegos ha recibido hasta el momento escasa atención tanto por parte de la industria como por parte del mundo académico [3]”. En consecuencia, la estructura del resto del artículo es como sigue: la sección 2 presenta el estado de la cuestión, la sección 3 la contribución del trabajo y la sección 4 las conclusiones y trabajos futuros.

## 2 Estado de la cuestión

### 2.1 Interacción de personas con problemas en la función visual en videojuegos

Un videojuego es un programa informático creado para divertir, basado en la interacción entre una persona y una máquina donde se ejecuta el videojuego [9]. Sin embargo, esta interacción se complica cuando el jugador presenta una disfunción visual, especialmente teniendo en cuenta el carácter cada vez más gráfico de las interfaces de usuario que se redefinen en busca de una interacción más natural [10]. El problema es que estas personas no pueden percibir, o tienen dificultades serias para interpretar, información visual (imágenes, textos, vídeos, etc.); por lo que suelen trabajar con lectores y/o magnificadores de pantalla según la severidad de su disfunción visual. Adicionalmente, existen a su disposición algunas unidades específicas que usan un módulo táctil o háptico gestionado por un software específico, para que las interfaces no solo se vean, sino que también se “sientan” al igual que pasa con la interacción en el mundo real [11-12].

A pesar de que no se han encontrado en las principales bases de datos científicas (*Web of Science*, *Scopus* y *Google Scholar*) demasiados trabajos previos que traten el problema de la interacción en videojuegos para el colectivo de personas con problemas en la función visual, algunas cuestiones interesantes pueden ser extraídas de este estado del arte. Por ejemplo, en [11] se aboga por dotar a las personas con discapacidad visual de la oportunidad de acceder a juegos multimedia, prestando especial atención a que los juegos accesibles sigan siendo juegos. Además, en este trabajo se destaca que existen dos características de los videojuegos esencialmente difíciles de hacer accesibles: por un lado, la sensación de presencia e inmersión dentro del juego y, por otro, el flujo del jugador dentro del juego (lo que sitúa al sujeto en un estado de profunda concentración y disfrute). Como alternativas de juegos accesibles, en dicho trabajo se proponen audio juegos, juegos táctiles y juegos que usan tecnología háptica. También encontramos otros trabajos relacionados que proponen alternativas para juegos existentes. En este sentido, en [13] se habilita el juego *Guitar Hero* para personas ciegas implementando un guante que transforma información visual en retroalimentación háptica; mientras que otras contribuciones como la realizada en [14] se ocupan de diseñar interfaces no visuales para juegos de móvil. Estos últimos autores sostienen que la transformación de las interfaces no solo facilita la inclusión de personas ciegas sino que permite al resto de jugadores experimentar con otros sentidos y mejorar su experiencia de inmersión. Para llevar a cabo el cambio de interacción en la interfaz se sirven de sonidos, composiciones musicales, gestos, etc.

Asimismo, encontramos algún texto que trata acerca de los problemas de interacción en videojuegos en general [15] y que, no obstante, puede tener aplicabilidad para el colectivo que nos ocupa. En dicho trabajo [15], se analiza cómo los diseños de interfaces no adaptadas a las necesidades de los usuarios [16] imposibilitan en gran medida la primera fase del modelo de interacción [17], ya que al no completarse con éxito esta fase de “estímulo recibido”, se hace imposible que el jugador conozca lo

que pasa en el mundo del juego y, por ende, no puede llevar a cabo los dos siguientes pasos, “determinar respuesta” y “ejecutar respuesta”, aunque sea cognitiva y físicamente capaz de hacerlo [18]. Esta inhabilitación para recibir el estímulo es especialmente crítica en usuarios con problemas visuales que intentan interactuar con videojuegos exclusivamente gráficos. Por ejemplo, en sujetos con ceguera del color, los estímulos que se basan en información de color deberían ser eliminados y traducidos a otro formato perceptible.

Por todo lo dicho, se ha de tender a un desarrollo tecnológico con patrones para un diseño universal, favoreciendo un verdadero marco de inclusión en la sociedad [19]. Esta reflexión debe hacerse ya que, como se afirma en [20], tradicionalmente las tecnologías han sido concebidas, producidas y aplicadas con arreglo al patrón de la persona media, sin tener en cuenta, o en menor medida, la atención a las diferencias que se derivan de la diversidad funcional, lo que requiere en muchos casos la ejecución de adaptaciones a personas o casos particulares.

### 2.2 Guías de accesibilidad en videojuegos

En el campo del desarrollo de videojuegos ha habido varios intentos por definir un conjunto de directrices para el diseño de juegos accesibles. Un ejemplo es la guía publicada por Javier Mairena en 2009 [21], que incluye pautas del tipo: usar textos claros, voces en varios idiomas, modo en alto contraste, modo de gráficos simples, posibilidad de aumentar los gráficos y uso de sonidos indicadores. Otro ejemplo, es la contribución de la *International Game Developers Association* (IGDA), organización relevante en el mundo del desarrollo de videojuegos accesibles a través de su grupo *Special Interest Group* (IGDA-SIG) el cual publicó un documento en 2004, renovado en 2017 [22], en el que se proponen directrices de accesibilidad como: utilizar un modo de alto contraste, uso de subtítulos, control de la dificultad del juego o mejora de los tutoriales (entre otras), derivadas de una muestra de 20 juegos accesibles ya existentes en el mercado. Otra guía interesante surgida en 2012 para el diseño de videojuegos inclusivos y que divide las pautas en tres niveles de dificultad de acuerdo con el grado de complejidad para adaptarlas al videojuego es la *Game Accessibility Guide* [23], que incluye pautas del tipo: asegurar que la información esencial no es transmitida solo por el color, asegurar que los elementos interactivos son grandes y están bien espaciados, usar alto contraste entre el texto y el fondo, permitir ocultar animaciones de fondo, etc. También en 2012, *AbleGamers* publica la guía *Includification* [24] con pautas de accesibilidad divididas por discapacidad: auditiva, de movilidad y de visión. Es la única guía que encontramos en la bibliografía en la que se proponen soluciones concretas para mejorar la accesibilidad a personas con ceguera de color, como pueden ser: añadir símbolos en vez de color para marcar mapas o la posibilidad de cambiar el color de texto. Por último, otra guía de buenas prácticas publicada en 2018 es la propuesta por [25], en la que se siguen presentando nuevas pautas como: respetar la zona de escritura segura para texto, no distorsionar la fuente empleada, utilizar fuentes con un tamaño suficiente para asegurar la correcta legibilidad del texto, usar un

lenguaje claro y sencillo o emplear una armonía de colores que no perjudique la lectura.

Por otra parte, hay que destacar la iniciativa del gobierno español para alcanzar la accesibilidad universal a través del documento “buenas prácticas de accesibilidad en videojuegos” publicado en 2012 por CEAPAT (Centro de Referencia Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas) [3]. Dicha iniciativa pretende apoyar y concienciar a los desarrolladores y diseñadores para que tengan en cuenta la accesibilidad desde el inicio de sus procesos, con el fin de garantizar que sus juegos no discriminan y pueden ser utilizados por el mayor número y diversidad de jugadores posible. Aunque no se trata de una guía de pautas como tal, cita interesantes estrategias que mejorarían la accesibilidad en el mundo de los videojuegos. Por ejemplo, promueve el desarrollo y el uso de los dispositivos de tecnología adaptativa, el diseño de un mando con controles simplificados y la implementación de un sistema de etiquetado, similar al de la clasificación por edades de PEGI, que indique el grado de accesibilidad de cada videojuego.

### 2.3 Patrones de diseño para accesibilidad en videojuegos

Uno de los primeros autores que propuso el uso de patrones en el desarrollo de videojuegos fue Bernd Kreimer en su artículo “The Case for Game Design Patterns” [26], en el que propone el uso de patrones de acuerdo con la definición dada por Christopher Alexander [27] y citada en Gamma et al. [28] como el de una “colección simple de soluciones reusables a problemas recurrentes”. Aquí, se definen una serie de patrones mediante una plantilla [nombre, problema, solución, consecuencia] que pueden ser de utilidad durante el diseño del juego y su documentación. A modo de ejemplo, podemos mencionar el patrón “consecuencia previsible” donde se establece que es necesario elegir mecanismos que permitan asociar los elementos en la interfaz del juego con comportamientos de un modo uniforme y consistente. Poco después, los autores Holopainen y Björk en [29] rechazan esta iniciativa al considerar que el desarrollo clásico de patrones de diseño basado en el par problema-solución propuesto en [26, 28] no se adapta bien a las características especiales de los videojuegos. Estos autores defienden el término patrón, pero no como un modelo fijo y repetitivo, sino como una “hipótesis” de diseño que no solo contiene una descripción de su estructura y su relación con los otros patrones, sino en la que también se describen las distintas decisiones que se han de tomar cuando se está utilizando este patrón en el proceso de diseño. En consecuencia, estos patrones compondrán lenguajes que pueden, y deben, evolucionar en el tiempo.

Sin embargo, cuando nos centramos en la aplicación de patrones para mejorar la accesibilidad en los videojuegos, no encontramos demasiadas referencias. La mayoría de los trabajos publicados se centran en la creación de guías de accesibilidad, como se ha descrito en el apartado anterior. No obstante, entre los textos encontrados que se relacionan más directamente con el tema que nos ocupa cabe destacar los patrones orientados a mejorar el uso de videojuegos en determinadas plataformas como

los smartphones y tablets [30] o bien los orientados a mejorar la accesibilidad para personas con daltonismo o ceguera del color en sitios web [31]. En el primero de estos trabajos, haciendo uso de una plantilla [descripción, ejemplo, contexto, solución, facilidad de uso, problema a referente, patrones de origen], se estructura un conjunto de siete patrones de interacción para mejorar el uso de videojuegos en smartphones, estos son: configuración de los controles del mando, adaptación a los controles de mando físico, información sobre el estado del juego, almacenar estado actual de la partida, mejorar la representación visual, permitir el salto de contenido y nivel de entrenamiento. En el segundo trabajo, se definen patrones de interacción de acuerdo con una plantilla tipo GoF [32] para mejorar la usabilidad y accesibilidad de un sitio web educativo que es utilizado por personas que presentan daltonismo; aconsejando usar colores planos, tonos de grises, descripciones para animaciones, figuras identificativas acompañando a colores, etc.

Finalmente, una de las últimas aportaciones ha sido la de la asociación *AbleGamers* que, en colaboración con la Universidad de York, proponen una serie de patrones de diseño para alcanzar Experiencias de Jugadores Accesibles (APX) [4]. En esta propuesta se definen doce patrones de diseño para que los jugadores tengan acceso al juego, puedan superar los desafíos y tener la experiencia de juego que desean tener: “segundo canal”, “los mismos controles, pero diferentes”, “interfaz personal”, “déjalo ahí”, “entrada de texto flexible”, “precisión mejorada”, “controladores flexibles”, “pantallas flexibles”, “texto claro”, “haz más con menos”, “distingue esto de aquello” y “canales claros”. Cada patrón es descrito en términos de la plantilla [problema de diseño, solución de diseño, patrones relacionados, contextos donde pueden ocurrir, ejemplos].

### 3 Patrones para implementar pautas de accesibilidad relacionadas con ceguera del color en videojuegos

Como se observa en la tabla 1 que resume las propuestas de accesibilidad específicas para videojuegos revisadas en la sección 2, existen varias guías de pautas cuya aplicación pretende garantizar la accesibilidad en videojuegos, haciendo de estos un software más inclusivo para personas con discapacidad. Estas guías surgen principalmente para dar solución a los distintos problemas de interacción sufridos por personas con limitaciones de visión durante el uso de este tipo de software dado el carácter inherentemente visual del mismo. Sin embargo, las propuestas a nivel de patrones son escasas y, tal y como se pone de manifiesto en la revisión de la sección 2.3, dichos patrones están orientados a dar soluciones de alto nivel de abstracción; no quedando claro cómo ni cuándo aplicarlos en el proceso de diseño y desarrollo del videojuego. Y tampoco se focalizan en enfermedades concretas.

Consecuentemente, el objeto principal de este estudio es presentar un conjunto de patrones que mejoren la interacción de personas con ceguera del color con el videojuego. Estos patrones son en realidad proto-patrones ya que ofrecen soluciones que

consideramos efectivas para problemas de interacción concretos, pero aún no los hemos sometido a los tests de validación requeridos para convertirse en patrones (aunque por simplicidad se utilizará dicho término de ahora en adelante). Para la descripción de la propuesta se relacionarán tres ejes: el problema de interacción, la pauta (o pautas) que lo resuelve y el patrón (o patrones) que implementa dicha/s pauta/s. Así, partiendo de un problema de interacción sufrido por un jugador con ceguera de color, estableceremos qué pauta o pautas de accesibilidad de las distintas guías existentes es conveniente aplicar. Y, una vez determinadas estas pautas, indicaremos qué patrones utilizar para facilitar su implementación garantizando así su cumplimiento y resolviendo el problema de interacción de partida. Específicamente, las secciones 3.1 y 3.2 analizan dos de las barreras de accesibilidad [31] que más dificultan la interacción en videojuegos de personas con ceguera del color: uso del color para transmitir información y uso de efectos visuales que reducen la legibilidad de la información textual o gráfica.

**Tabla 1: Propuestas de accesibilidad para videojuegos.**

Propuesta	Tipo	Colectivo de interés	Ref.
Directrices de la IGDA-SIG (2004, 2017)	Guía	Todos los usuarios (incluyendo personas con dificultades para distinguir colores, dificultades de lectura, etc.)	[22]
Guía de Javier Mairena (2009)	Guía	Usuarios con diversidad funcional auditiva, cognitiva, visual y de movilidad	[21]
APX Design Patterns (2009-2018)	Patrones	Usuarios con discapacidad (en general).	[4]
Game Accessibility Guide (2012)	Guía	Usuarios con discapacidad (dificultad de percibir el color, dificultades de lectura, problemas de movilidad) y contextos de juego inapropiados (ambiente con ruido, iluminación inadecuada, etc.)	[23]
<i>Includification</i> (2012)	Guía	Usuarios con discapacidad auditiva, de movilidad y de visión	[24]
Buenas prácticas del CEAPAT (2012)	Recomendaciones	Usuarios con discapacidad (en general) y personas mayores	[3]
Buenas prácticas de Carmen Alba (2018)	Recomendaciones	Usuarios con discapacidad visual, auditiva, cognitiva, de movilidad	[25]

### 3.1 Problema de interacción: “dificultad para percibir información por estar referenciada únicamente por el color”

*3.1.1 Descripción del problema de interacción.* Cuando un elemento es referenciado únicamente por su color o algún matiz o aspecto de la información que pretende transmitir depende del

mismo, será un problema para personas con ceguera del color interactuar con dicho elemento. De ser así, puesto que estos sujetos no son capaces de distinguir ciertos colores como el rojo y el verde o el azul y el amarillo (o ninguno, en el caso de monocromacia) puede pasarles desapercibida información esencial para el desarrollo normal del videojuego. Por ejemplo, si un formulario de configuración del juego indicase al usuario basándose únicamente en el color cuáles son los campos obligatorios, una persona con ceguera de color no sería capaz de distinguir los campos optativos de los obligatorios.

Este problema de interacción podemos encontrarlo en videojuegos de distintos contextos, siendo los más frecuentes los siguientes: uso de colores en mapas para identificar localizaciones del usuario o territorios, uso del color para diferenciar personajes, uso del color para distinguir unos objetos de otros en un escenario o en un reto o mini-juego, uso del color para representar banderas, logos, etc., uso del color para proporcionar pistas, uso del color para señalar zonas por las que el jugador debe ir o que debe evitar, uso del color para definir los límites del mundo jugable, uso del color para transmitir el estado de ánimo de los personajes (mejillas ruborizadas, piel azulada, etc.) o el estado de los mismos dentro del juego (nivel bajo de vida o con súper poder), uso del color para indicar el porcentaje en barras de estado o recompensas, uso del color para contadores y relojes, etc. En definitiva, cualquier uso del color que sea interpretable, y no únicamente un recurso artístico, representa una barrera de accesibilidad.

*3.1.2 Pautas de accesibilidad utilizadas en la resolución del problema de interacción.* Para atender este problema de interacción se propone aplicar tres pautas: “color del texto configurable”, “agregar indicadores secundarios” y “color del cursor configurable”.

- 1) Color del texto configurable [24]: en función del tipo de ceguera de color sufrida, personalizar el color del texto puede mejorar en gran medida la experiencia de juego.
- 2) Agregar un indicador secundario cuando se utiliza el color para indicar un estado importante [24]: si se pretende mostrar información relevante, no basar ésta únicamente en el color, es decir asociar un segundo elemento (textura, forma, etc.) a la información que permita distinguirla.
- 3) Cursor configurable [23]: la forma o el color del cursor puede ser clave para la estética del videojuego, pero es bastante habitual que provoque problemas de interacción por ser demasiado pequeño, de trazos demasiado finos o bien por estar configurado en colores no distinguibles por algunas patologías de ceguera de color.

La figura 1 muestra cómo se verían los colores en el juego *Bejeweled 3* en el caso de sufrir algún tipo de ceguera de color. Como se puede observar, si además de con el color como elemento diferenciador, no se contara con la forma de cada pieza (indicador secundario) (pauta 2), sería un juego inaccesible para algunas personas con ceguera del color.

*3.1.3 Patrones de diseño para resolución de las pautas.* De acuerdo con las tres pautas descritas en el punto 3.1.2, algunos de

Proto-patrones de diseño para mejorar la interacción en videojuegos de personas con ceguera del color

los patrones que formarían parte de un catálogo para la interacción videojuego-ceguera del color son los cuatro que se muestran en la tabla 2. Para su descripción se ha utilizado una plantilla de especificación basada en la propuesta realizada en [26].

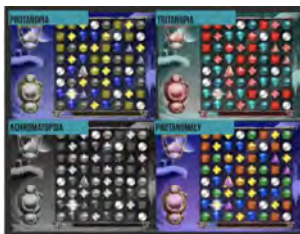


Figura 1: Asociar forma en vez de únicamente color para transmitir información [24].

En la figura 2 se muestra un mapa totalmente accesible para personas con ceguera de color perteneciente al juego *Grand Theft Auto IV* [23], que podría ser obtenido después de aplicar el tercer patrón presentado (izquierda); y un menú que permite la configuración del cursor en el juego *CounterStrike* [23] de acuerdo con el cuarto patrón presentado (derecha).

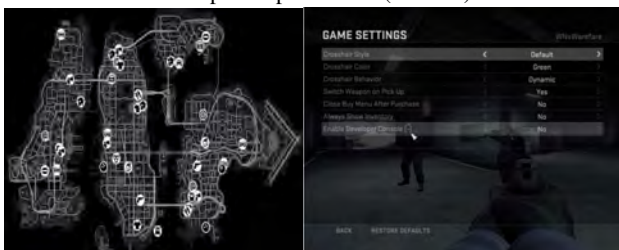


Figura 2: Ejemplo de juegos accesibles usando patrones 3 y 4.

### 3.2 Problema de interacción: “pérdida de legibilidad o distinción de elementos a causa de la utilización de diferentes efectos visuales”

3.2.1 Descripción del problema de interacción. Cuando sobre un determinado elemento, por ejemplo un texto, se aplican ciertos efectos visuales: degradados, sombras, determinados tipos de fuente o color, etc. se dificulta la legibilidad o distinción de este, lo que repercute negativamente en la interacción del videojuego en jugadores con problemas de visión. Para ilustrar este problema de interacción, nos serviremos del ejemplo de la figura 3. En la parte derecha, se muestra una captura de pantalla en la que se usa un efecto de degradado y una combinación de colores no accesible para personas con ceguera de color. Como se puede observar en la parte izquierda de la figura, a una persona con esta patología le sería muy complicado distinguir el botón del fondo y el “Texto” escrito en la etiqueta que lo identifica.

Tabla 2: Patrones asociados a los problemas de interacción relacionados con la “dificultad en percibir información por estar referenciados únicamente por el color”.

Patrón 1	Configurar colores alternativos
Problema de interacción	Una persona con ceguera del color no percibirá la información transmitida por el color rojo y verde o

	por los colores azul y amarillo (según cuál sea su tipo de ceguera) ya que no los percibe normalmente.
Pauta/s que resuelve	Color del texto configurable y Cursor configurable.
Descripción de la solución	Incluir en el menú del juego una opción que permita configurar un color alternativo a cada elemento cuyos colores pueden dar problemas en caso de ceguera del color (rojo, verde, azul y amarillo).
Consecuencia	El juego muestra colores que el usuario es capaz de percibir correctamente.
<b>Patrón 2</b>	<b>Asociar símbolo/etiqueta a personaje</b>
Problema de interacción	En juegos de lucha, estrategia o deporte donde es necesario identificar de forma instantánea a los personajes, las personas con ceguera del color pueden tener dificultades para distinguirlos correctamente si dicha diferenciación se basa únicamente en el color. En el caso más severo, monocromacia, directamente no serán capaces de distinguirlos.
Pauta/s que resuelve	Agregar un indicador secundario cuando sólo se utiliza el color para indicar un estado importante.
Descripción de la solución	Asociar a cada personaje una etiqueta o símbolo que permita diferenciarlo de otro.
Consecuencia	El jugador podrá distinguir perfectamente a los personajes y desarrollar normalmente su juego.
<b>Patrón 3</b>	<b>Asociar iconos a puntos determinados de un mapa</b>
Problema de interacción	En juegos de estrategia o aventuras gráficas, es habitual utilizar el color para diferenciar partes o puntos concretos de un mapa. Sin embargo, y dependiendo de los colores empleados, esto puede provocar que parte de la información sea inaccesible a personas con ceguera del color. En caso de monocromacia, el jugador no podrá interpretar el mapa sea cual sea el color elegido.
Pauta/s que resuelve	Agregar un indicador secundario cuando sólo se utiliza el color para indicar un estado importante.
Descripción de la solución	Sustituir o complementar el color asociando a cada punto importante del mapa con un icono diferente.
Consecuencia	El jugador con ceguera del color puede interpretar el mapa y desarrollar normalmente su juego.
<b>Patrón 4</b>	<b>Configurar el cursor</b>
Problema de interacción	En juegos de disparos, de estrategia o deporte, a veces es fundamental el uso del cursor para conseguir una correcta inmersión en el videojuego. A menudo, la forma o el color del cursor lo hace indetectable para personas con discapacidad visual, y más concretamente para personas con ceguera de color.
Pauta/s que resuelve	Cursor configurable.
Descripción de la solución	Añadir una opción en el menú del juego que permita configurar al menos la forma y el color del cursor.
Consecuencia	El jugador con ceguera del color es capaz de utilizar el cursor sin problema alguno.

Este problema de interacción podemos encontrarlo en distintos contextos del videojuego, siendo algunos de los más frecuentes los siguientes: uso de animaciones en el fondo de la pantalla que dificultan la detección de información, efectos aplicados al cursor del ratón en determinados escenarios del videojuego (parpadeo, sombra, cambio de color, del brillo o de la forma), combinaciones fallidas de colores en determinados



elementos del juego, rigidez a la hora de personalizar la paleta de color de los elementos fundamentales del juego, efectos para hacer más atractivo el diseño de etiquetas, botones, menús y cualquier otro elemento visual de la interfaz de usuario, efectos visuales para: identificar determinados golpes o movimientos de los personajes, trazar trayectorias de objetos, indicar el estado general del juego o el estado concreto del personaje (por ejemplo personajes más transparentes o parpadeantes), mostrar texto necesario para el avance del juego en pantalla, indicar elementos interactivos en el videojuego, identificar la corrección de una opción frente a otra y, en definitiva, cualquier uso de efectos únicamente estéticos que puedan imposibilitar la accesibilidad de determinados elementos fundamentales en el videojuego para personas con ceguera de color.



**Figura 3: Problema de legibilidad de textos al ser ubicados sobre fondos degradados [31].**

3.2.2 *Pautas de accesibilidad utilizadas en la resolución del problema de interacción.* Para dar solución a este problema de interacción, se propone la aplicación de cinco pautas: “estilo de texto configurable”, “opción movimiento de fondo configurable”, “elementos interactivos claramente identificables”, “efectos del cursor configurables” y “efectos del texto configurables”.

- 1) Estilo de texto configurable [24]: permitir la elección del tipo de fuente de texto o el espacio entre líneas que mejor se adapta a cada jugador, mejorará en gran medida la experiencia de juego.
- 2) Opción movimiento de fondo configurable [23]: según el tipo de ceguera de color, una animación en el fondo de la pantalla puede provocar que se obvie información esencial o sean difíciles de distinguir determinados elementos interactivos.
- 3) Elementos interactivos claramente identificables [23]: los jugadores con discapacidades cognitivas o visuales pueden tener dificultades para distinguir qué elementos de la interfaz de usuario o del juego están diseñados para ser interactivos y, a veces, no están familiarizados con las mismas metáforas y convenciones que otros jugadores. Esto se podría solucionar mediante el uso de diferencias claras y consistentes en el estilo, el contraste o significantes adicionales como un icono, etc.
- 4) Efectos del cursor configurables [23]: según el tipo de ceguera de color, puede darse que determinados efectos en el cursor (por ejemplo, una explosión en tonos amarillos/naranjas) sean indetectables; por ello debe darse la opción de poder configurarlos.
- 5) Efectos del texto configurables [31]: según el tipo de discapacidad visual, es posible que ciertos efectos visuales

aplicados al texto imposibiliten la correcta legibilidad de este y deben, por tanto, poder personalizarse.

3.2.3 *Patrones de diseño para resolución de las pautas.* De acuerdo con las cinco pautas establecidas en el punto 3.2.2, se proponen los ocho patrones de la tabla 3.

**Tabla 3: Patrones asociados al problema de interacción “pérdida de legibilidad o distinción de elementos a causa de la utilización de efectos visuales”.**

Patrón 1	Configurar fuente de texto
Problema de interacción	Una persona con ceguera del color puede tener problemas a la hora de leer determinados tipos de fuentes de texto.
Pauta/s que resuelve	Estilo de texto configurable.
Descripción de la solución	Incluir en el menú del juego una opción que permita configurar el tipo de fuente de texto que mejor se adapte a cada jugador.
Consecuencia	El juego muestra un texto claro, que el usuario es capaz de percibir.
Patrón 2	Configurar espacio interlineado
Problema de interacción	Una persona con ceguera del color puede tener problemas a la hora de leer determinados textos, si las líneas no están lo suficientemente separadas.
Pauta/s que resuelve	Estilo de texto configurable.
Descripción de la solución	Incluir en el menú del juego una opción que permita configurar el tipo interlineado que mejor se adapte a cada jugador.
Consecuencia	El juego muestra un texto suficientemente separado, que el usuario es capaz de percibir.
Patrón 3	On/Off efecto sombra del texto
Problema de interacción	Una persona con ceguera del color puede tener problemas a la hora de leer un texto sobre el que se ha aplicado un efecto de sombra.
Pauta/s que resuelve	Opción efectos de texto configurables.
Descripción de la solución	Incluir en el menú del juego una opción que permita activar/desactivar el uso del efecto sombra en el texto. En el caso de que la opción sea desactivada, se utilizará un texto sin sombra.
Consecuencia	Se desactiva cualquier efecto de sombra en todo aquel texto del videojuego que sea significativo para el curso normal del juego, eliminando las posibles barreras de accesibilidad.
Patrón 4	On/Off efecto degradado del texto
Problema de interacción	Una persona con ceguera del color puede tener problemas a la hora de leer un texto sobre el que se ha aplicado un efecto de degradado.
Pauta/s que resuelve	Opción efectos de texto configurables.
Descripción de la solución	Incluir en el menú del juego una opción que permita activar/desactivar el uso del efecto degradado en el texto. En el caso de que la opción sea desactivada, se utilizará un texto con un color plano.
Consecuencia	Se desactiva cualquier efecto degradado en cualquier texto del videojuego que pueda crear dificultades de interacción.
Patrón 5	On/Off animación de fondo
Problema de	Una persona con ceguera del color puede tener

interacción	problemas a la hora de detectar determinados elementos de la interfaz si hay una animación en el fondo de la pantalla del videojuego.
Pauta/s que resuelve	Opción de movimiento de fondo configurable.
Descripción de la solución	Incluir en el menú del juego una opción que permita activar/desactivar la animación de fondo, siempre que esta no forme parte de información fundamental para el curso normal del videojuego (en dicho caso debería ser acompañada por una descripción textual).
Consecuencia	Se desactiva cualquier animación de fondo en la pantalla del videojuego que pueda crear una barrera de accesibilidad.
<b>Patrón 6</b>	<b>On/Off animación cursor</b>
Problema de interacción	Una persona con ceguera del color puede tener problemas a la hora de detectar el cursor si a este se le asocian determinados efectos visuales.
Pauta/s que resuelve	Opción efectos del cursor configurables.
Descripción de la solución	Incluir en el menú del juego una opción que permita activar/desactivar la animación de cursor.
Consecuencia	Se desactiva cualquier animación de cursor en la pantalla del videojuego consiguiendo que el jugador con ceguera de color lo identifique más fácilmente.
<b>Patrón 7</b>	<b>Asociar forma/etiqueta a elemento interactivo</b>
Problema de interacción	Por ejemplo, en una aventura gráfica, una persona con ceguera del color puede tener problemas para detectar determinados elementos interactivos en el videojuego, obviando información fundamental para el transcurso de la partida.
Pauta/s que resuelve	Identificar claramente los elementos interactivos en el videojuego.
Descripción de la solución	Asociar una determinada forma, icono o etiqueta a un determinado elemento interactivo de la interfaz.
Consecuencia	Se identifican claramente los elementos interactivos por tener asociados un elemento diferenciador y de este modo el usuario no ignora su existencia.
<b>Patrón 8</b>	<b>Asociar descripción sonora a elemento interactivo</b>
Problema de interacción	Una persona con ceguera del color tiene más dificultades para identificar elementos interactivos que no están suficientemente resaltados (lo que ocurre frecuentemente en muchos tipos de videojuegos, por ejemplo, en las aventuras gráficas).
Pauta/s que resuelve	Identificar claramente los elementos interactivos en el videojuego.
Descripción de la solución	Asociar una descripción sonora a los elementos interactivos de la interfaz de usuario.
Consecuencia	Se identifican claramente los elementos interactivos por tener asociados una descripción sonora que proporciona información de interacción.

La figura 4 muestra dos capturas del videojuego *Warlock of Firetop Mountain* [23] en el que se ha implementado un menú de configuración (izquierda) que permite seleccionar tanto la fuente como el estilo del texto mejorando así la accesibilidad del videojuego. Asimismo, se muestra también en la figura (derecha) una escena de dicho videojuego donde se han marcado claramente los elementos interactivos de este, mejorando así la accesibilidad para personas con ceguera del color.



Figura 4: Juego *Warlock of Firetop Mountain* aplicando los patrones 1 y 7.

Finalmente, cabe destacar que muchos de los patrones recogidos en este trabajo no solo serán de utilidad para mejorar la interacción de personas con ceguera del color, sino que la mayoría de ellos son útiles también para reducir las barreras de accesibilidad que en el uso de los videojuegos encuentran otros muchos colectivos con discapacidad visual. Asimismo, la mayoría de estos patrones son también efectivos para otros tipos de productos software; aunque en la propuesta se ha resaltado su aplicación específica para videojuegos (explicitando puntos propios de este tipo de software lúdico que pueden requerir las mencionadas mejoras de accesibilidad a nivel de, por ejemplo, personajes, escenarios o mapas del juego). En cuanto a la interrelación, entre pautas y patrones, puede observarse que para cada pauta existe al menos un patrón que asegura la implementación de una solución real que garantiza su cumplimiento en términos de problema-solución. Puede pasar que la solución a un problema (pauta) se alcance solo tras aplicar sucesivamente varios patrones. Por ejemplo, para satisfacer la pauta “Identificar claramente los elementos interactivos en el videojuego” se han de aplicar los patrones 7 y 8 de la tabla 3. Por otra parte, un mismo patrón puede formar parte de la solución de varias pautas, por ejemplo, el patrón 1 de la tabla 2 se relaciona con dos pautas: “Color del texto configurable” y “Cursor configurable”. Por último, hacer notar que el catálogo de patrones no está completo y debería ser incrementalmente enriquecido para lograr una accesibilidad total.

#### 4 Conclusiones y trabajo futuro

Con el ánimo de mejorar la accesibilidad en juegos que están en proceso de desarrollo o mediante adaptaciones en videojuegos ya existentes, en este trabajo se propone una solución basada en patrones de diseño que se soporta sobre tres principios: 1) definir explícitamente las interrelaciones del patrón de diseño con las pautas de diseño que atiende y el problema de interacción que dichas pautas tratan de solucionar. 2) centrarse en una discapacidad o limitación visual concreta para determinar sin ambigüedad cuándo aplicar cada patrón y 3) ser fácilmente entendibles por diseñadores y desarrolladores de videojuegos para su correcta aplicación a bajo nivel de abstracción. Concretamente, en el trabajo se recogen 12 proto-patrones para resolver los principales problemas de interacción que las personas con ceguera del color pueden encontrar mientras juegan a un videojuego.

Hasta ahora, solo se contaba con una serie de guías que venían a proponer soluciones de alto nivel de abstracción a distintos problemas de accesibilidad; con la propuesta de este trabajo se pretende indicar cómo alcanzar soluciones específicas mediante la aplicación sistemática de una serie de patrones concretos.

La mayoría de las barreras de interacción atendidas por la propuesta surgen de la imposibilidad del sujeto para recibir estímulos codificados mediante el color. Al no interpretar correctamente tales estímulos, el jugador será incapaz de decidir qué acción realizar a continuación no pudiendo avanzar en el juego. Cada patrón se describe en términos de un nombre, el problema de interacción que resuelve, la pauta (o pautas) de diseño a los que da solución, la descripción del patrón para guiar su utilización y la consecuencia o resultado tras aplicar el mismo. Además, distintos ejemplos son mostrados para ilustrar la accesibilidad del juego después de la aplicación del patrón.

Como trabajo futuro planteamos la creación incremental de un catálogo de patrones de diseño que atienda los nuevos retos de accesibilidad que plantean los videojuegos como producto audiovisual e interactivo. En una primera iteración, el catálogo recogerá patrones específicos para la ceguera del color para luego ir integrando otras enfermedades relacionadas con la función visual, y en última instancia con cualquier tipo de discapacidad que encuentre barreras durante el uso del videojuego. Para ello, se comenzará por utilizar una plantilla de especificación más completa para los proto-patrones ya definidos que facilite su aplicación durante los tests de validación necesarios para convertirlos en patrones. Asimismo, se ampliarán los patrones para atender las dos barreras de accesibilidad recogidas en este artículo y se abordarán otras barreras de accesibilidad para la problemática de ceguera del color antes de ir incluyendo nuevas enfermedades (por supuesto, se estudiará que patrones previos son útiles para las nuevas enfermedades). Al mismo tiempo, se está estudiando una representación del catálogo basada en cubos multidimensionales que facilite la elección del patrón y la ejecución de filtros. Creemos que se trata de un esfuerzo necesario puesto que los videojuegos pueden ser un instrumento para motivar a los jugadores con diversidad funcional, fomentar su sentido de inclusión y mejorar su calidad de vida.

## ACKNOWLEDGMENTS

Este trabajo ha sido soportado por el proyecto de investigación DISPERSA (Diseño de juegos pervasivos basados en experiencias de aprendizaje sensibles al contexto), con código TIN2015-67149-C3-3-R y financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad español.

## REFERENCES

- [1] Making the Web Accessible (2019). <https://www.w3.org/WAI/> (acceso el día 15/02/2019)
- [2] Newzoo. Global Games Market Report (2018). <https://newzoo.com/insights/articles/newzoo-cuts-global-games-forecast-for-2018-to-134-9-billion/> (acceso el día 15/02/2019)
- [3] Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Buenas prácticas de accesibilidad en videojuegos (2012). [http://www.ceapat.es/InterPresent2/groups/imserso/documents/binario/accesvid\\_ejuegos.pdf](http://www.ceapat.es/InterPresent2/groups/imserso/documents/binario/accesvid_ejuegos.pdf) (acceso el día 15/02/2019)
- [4] AbleGames. Accesible Player Experiences (2018). <https://accessible.games/accesible-player-experiences/> (acceso el día 15/02/2019)
- [5] Microsoft. Hacer que los juegos sean accesibles (2017). <https://docs.microsoft.com/es-es/windows/uwp/gaming/accessibility-for-games> (acceso el día 15/02/2019)
- [6] Organización Mundial de la Salud. Discapacidad y Salud (2018). <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health> (acceso el día 16/02/2019)
- [7] FS Gamer. Videojuegos y accesibilidad: ¿hay juegos para todos? (2013). <http://www.fsgamer.com/videojuegos-y-accesibilidad-hay-juegos-para-todos-20130121.html> (acceso el día 26/02/2019)
- [8] Hevia, C. M. (2017). Accesibilidad a los videojuegos: estado actual y perspectivas futuras. *TRANS. Revista de tractuología*, (15), 53-67.
- [9] González, J. L., Cabrera, M., & Gutiérrez, F. L. (2007). Diseño de Videojuegos aplicados a la Educación Especial. *Recuperado de http://aiipo.es/articulos/1/12410.pdf*.
- [10] Abascal, J., & Morillón, R. (2002). Interacción persona-ordenador. *Inteligencia Artificial, Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 6(16), 9-24.
- [11] Archambault, D., Ossmann, R., Gaudy, T., & Miesenberger, K. (2007). Computer games and visually impaired people. *Upgrade*, 8(2), 43-53.
- [12] Chang, D. (2002). Haptics: gaming's new sensation. *Computer*, 35(8), 84-86.
- [13] Yuan, B., & Folmer, E. (2008, October). Blind hero: enabling guitar hero for the visually impaired. In *Proceedings of the 10th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility* (pp. 169-176). ACM.
- [14] Valente, L., de Souza, C. S., & Feijó, B. (2009). Turn off the graphics: designing non-visual interfaces for mobile phone games. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 15(1), 45-58.
- [15] Filigrana, L., Alegría, A., & Collazos, C. A. (2015). Patrones de interacción para el diseño de videojuegos en smartphones. *Revista Colombiana de Computación*, 16(1), 97-116.
- [16] Juul, J., & Norton, M. (2009, April). Easy to use and incredibly difficult: on the mythical border between interface and gameplay. In *Proceedings of the 4th international conference on foundations of digital Games* (pp. 107-112). ACM.
- [17] Delgado, J. A., & Martínez, J. M. G. (2014). Visión general de la accesibilidad en los videojuegos actuales. In *Actas del VI Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas (ATICA 2014): Universidad de Alcalá de Henares (España), 29-31 de octubre de 2014* (pp. 89-96).
- [18] Pozuelo Fernández, G. E., & Álvarez Obeso, F. J. (2012). Juegos accesibles para ciegos en plataformas móviles.
- [19] Luque Parra, D. J., & Rodríguez Infante, G. (2014). Tecnología de la Información y Comunicación aplicada al alumnado con discapacidad: un acercamiento docente.
- [20] Grau, X. (2004). Tecnología y discapacidad visual. Necesidades tecnológicas y aplicaciones en la vida diaria de las personas con ceguera y deficiencia visual. Madrid. Fundación UCM-ONCE.
- [21] Javier Mairena. Videojuegos Accesibles: por qué y cómo hacerlos (2009). <http://www.javiermairena.net/docs/videojuegosaccesibles.pdf> (acceso el día 26/02/2019)
- [22] IGDA Game Access SIG. Platform level accessibility recommendations (2017). <https://igda-gasig.org/about-game-accessibility/platform-level-accessibility-recommendations/> (acceso el día 18/02/2019)
- [23] Barrie Ellis. Game accessibility guidelines (2012). <http://gameaccessibilityguidelines.com> (acceso el día 18/02/2019)
- [24] The ablegamers foundation. Includification: a practical guide to game accessibility (2012). [https://accessible.games/wp-content/uploads/2018/11/AbleGamers\\_Includification.pdf](https://accessible.games/wp-content/uploads/2018/11/AbleGamers_Includification.pdf) (acceso el día 18.02.2019)
- [25] Carmen de Alba. Accesibilidad en videojuegos: Buenas prácticas (2018) <https://www.mcarmedalba.com/accesibilidad-en-videojuegos-buenas-practicas/> (acceso el día 18/02/2019)
- [26] Kreimeier, B. (2002). The case for game design patterns.
- [27] Alexander, C. (1977). *A pattern language: towns, buildings, construction*. Oxford University Press.
- [28] Gamma, E., Johnson, R., Helm, R. y Vlissides, J. (1994). *Design Patterns*. Addison-Wesley,
- [29] Björk, S. and Holopainen, J. (2005). *Patterns in game design*. Charles River Media Inc., Hingham, Massachusetts.
- [30] Filigrana, L., Solano, A. F., & Collazos, C. A. (2016). Diseño de videojuegos soportados en smartphones a través de patrones de interacción. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 10(20).
- [31] Duque Vaca, M. A. (2014). Creación de Patrones de Accesibilidad y Usabilidad web que mejoren la navegación por parte de las personas que presentan daltonismo en la Ciudad de Riobamba (Master's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- [32] Gamma, E. (1995). *Design patterns: elements of reusable object-oriented software*. Pearson Education India.

**Análisis de accesibilidad en interfaces de placas de cocción**

Amaia Beitia, Beatriz Alonso, Arantxa Gonzalez de Heredia, Daniel Justel and Javier Aranceta.

**Abstract:** The interaction with consume products has been changing due to the development of the technology. Appliances in general and particularly cooking hobs have gone from having physical controls to have touch controls. For that reason, the main objective of this paper is to analyse the impact of that changes on the interfaces in terms of accessibility. Therefore, a comparison between the different interfaces has been made by analysing four different cooking hobs. The analysis determines, on the one hand, the demand capacities to use the cooking hobs and, on the other hand, the number of excluded people for the interaction with each of selected cooking hobs. The results define the main characteristics to consider when designing accessible cooking hobs such as; controls, feedbacks and graphic elements.

Notes/Notas:

# Análisis de Accesibilidad en Interfaces de Placas de Cocción

Amaia Beitia<sup>†</sup>

Diseinu Berrikuntza Zentroa  
Mondragon Unibertsitatea  
Mondragon  
abeitia@mondragon.edu

Beatriz Alonso

Diseinu Berrikuntza Zentroa  
Mondragon Unibertsitatea  
Mondragon  
beatriz.alonso@alumni.mondragon.edu

Arantxa Gonzalez de Heredia

Diseinu Berrikuntza Zentroa  
Mondragon Unibertsitatea  
Mondragon  
agonzalez@mondragon.edu

Daniel Justel

Diseinu Berrikuntza Zentroa  
Mondragon Unibertsitatea  
Mondragon  
djustel@mondragon.edu

Javier Aranceta

Mondragon Componentes  
Aretxabaleta  
jaranceta@mondragoncomponentes.com

## ABSTRACT

The interaction with consume products has been changing due to the development of the technology. Appliances in general and particularly cooking hobs have gone from having physical controls to have touch controls. For that reason, the main objective of this paper is to analyse the impact of that changes on the interfaces in terms of accessibility. Therefore, a comparison between the different interfaces has been made by analysing four different cooking hobs. The analysis determines, on the one hand, the demand capacities to use the cooking hobs and, on the other hand, the number of excluded people for the interaction with each of selected cooking hobs. The results define the main characteristics to consider when designing accessible cooking hobs such as; controls, feedbacks and graphic elements.

## RESUMEN

La interacción con los productos de consumo ha ido cambiando con el avance de la tecnología. Los electrodomésticos en general y las placas de cocción en concreto han pasado de tener interfaces físicas a táctiles. Por ello, el objetivo de esta comunicación es analizar su impacto desde un punto de vista de accesibilidad. Así, se realiza una comparación entre las diferentes tipologías de interfaces existentes en las placas de cocción. Se analizan un total de 4 placas de cocción y se determinan, por un lado, las capacidades demandadas en el uso de las placas de cocción y, por otro lado, el número de personas excluidas para su uso en cada una de las placas. Como resultado del estudio realizado se obtiene los principales atributos de diseño a tener en cuenta en el diseño de unas interfaces accesibles para las placas de cocción, tales como los mandos, los *feedbacks* o los elementos gráficos.

## CCS CONCEPTS

• Social and professional topics • User characteristics • People with disabilities

## KEYWORD

Hierarchical Task Analysis, Exclusion Calculator, Placas de cocción, Diseño de interacción, Accesibilidad

## 1 Introducción

La población mundial tiende al envejecimiento y uno de sus efectos es el aumento de la cifra de personas con discapacidad, debido a que la edad es un factor determinante en la aparición de este fenómeno [1]. Según la encuesta EDAD-2008 de discapacidad, autonomía personal y situaciones de dependencia del 2008 realizada por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en España hay 3,85 millones de personas con discapacidad [2], es decir un 8,55% de la población.

Una de las consecuencias de la discapacidad es la dificultad a la hora de realizar aquellas actividades denominadas como actividades básicas de la vida diaria (ABVD), como pueden ser: lavarse, arreglarse o vestirse; y las actividades instrumentales de la vida diaria (AIVD), como pueden ser: la preparación de la comida, el lavado de la ropa o el uso del transporte. Ambos tipos de actividades son la base para la evaluación del grado de dependencia de las personas [3]. Así, en la encuesta EDAD-2008 se recoge que el 6,7% de la población española tiene alguna dificultad para el desarrollo de las ABVD [2]. Viendo esto, es de suponer que esta cifra aumentaría si se tuvieran en cuenta las AIVD. Para mitigar estas dificultades las personas con discapacidad suelen hacer uso de ayudas técnicas, asistencia personal o de ambas.

Desde el ámbito del diseño industrial se quiere dar respuesta a esta realidad a través de disciplinas generalistas como el diseño inclusivo, diseño universal o design for all [4]. Si bien cada disciplina tiene su propio enfoque, se puede generalizar diciendo que todas abogan por la búsqueda de soluciones que den respuesta al mayor número de personas posibles; y proponen el uso de herramientas que ayudan a empatizar con las personas, como

pueden ser las entrevistas o Personas, o la calculadora de exclusión, Exclusion Calculator, son utilizadas en este ámbito.

Por otra parte, la evolución tecnológica hace que sea necesario abordar el problema desde puntos de vista más específicos. Dichos avances tecnológicos dan pie a tener una mayor flexibilidad a la hora de diseñar los productos dando opción de introducir nuevas funciones y minimizar las interfaces, a través de las cuales los usuarios interactúan con los productos. De esta forma, las interfaces tienden a ser complejas e intangibles [5]. Por ello, conviene tener presente los enfoques de especialidades de diseño como el diseño de interacción o la interacción persona ordenador y las herramientas usadas en estos entornos, como pueden ser, las diferentes tipologías de Task Analysis, los diagramas de flujos, los testeos con usuarios, etc.

La evolución tecnológica repercute directamente en el modo de interactuar con los productos y, en consecuencia, en las capacidades necesarias para hacerlo, pudiendo así, limitar o ampliar el número de personas que pueden hacer uso de dichos productos. Este hecho se convierte en crítico cuando estos productos dan apoyo directo a las ABVD y AIVD como puede ser en el caso de los electrodomésticos cuyas interfaces tienden a pasar de tener ruletas y botones a pantallas.

En este contexto, el trabajo que se presenta a continuación se centra en el análisis de las interfaces de las placas de cocción desde el punto de vista de la accesibilidad. Tiene como objetivo identificar las principales diferencias existentes en las características de las interfaces que hacen que la placa sea más o menos accesible. Así, primeramente, se seleccionan las placas









objeto a estudio. En segundo lugar, se realiza un estudio de las capacidades demandadas en el uso de las placas. En tercer lugar, se calcula el número de personas que quedan excluidas tanto por rango de edades como por capacidades por las interfaces para el uso de las placas. Por último, se concluye el artículo explicando las limitaciones del análisis y las conclusiones.

## 2 Selección de placas objeto de estudio

Se han seleccionado 4 placas de cocción según los siguientes criterios: la tipología de placa, sus prestaciones y la interfaz. De este modo, se ha definido una muestra de placas donde se reflejan las diferentes tipologías y se constituye una muestra que abarca desde la clásica placa de gas con mandos tipo ruleta y funciones básicas, hasta la innovadora placa de inducción con funciones adicionales (Tabla 1). Por ejemplo, la Placa 1, es una placa vitrocerámica de 4 fogones, sin prestaciones adicionales que se controla a través de ruletas. En cuanto a su interfaz se refiere se sitúa en la parte frontal. Además de las ruletas, consta de indicadores luminosos, que indican si está encendida, símbolos, para indicar el fogón que controla cada ruleta, y números, que señalan la intensidad del fuego. Por otro lado, las ruletas pueden girar en ambos sentidos sin ningún tope que limite el giro.

Junto al proceso de selección de las placas, también se ha decidido centrar el estudio en la interacción que se da entre el usuario y la placa a través de la interfaz como elemento propio del producto. De este modo se deja de lado otros factores que influyen en la accesibilidad de la placa como pueden ser su posición o el entorno de uso.

**Tabla 1: características y atributos de la muestra de placas de cocción y su interfaz**

	PLACA 1	PLACA 2	PLACA 3	PLACA 4
Foto				
Marca	Fagor	Bosch	De Dietrich	Siemens
Tipo de placa	Vitrocerámica	Mixta: inducción y vitrocerámica	Gas	Inducción
Dimensiones	60x60 cm	60x60 cm	60x60 cm	60x60 cm
Año de compra	1990	2006	2010	2017
Posición de control	Parte frontal	Parte baja de la placa	Parte baja de la placa	Parte baja de la placa
Tipo de control	Ruleta	Táctil	Ruleta	Táctil
Prestaciones	--	--	--	Booster; Temporizador; Bloqueo manual y automático
Características	Ruleta independiente para cada fogón y horno	Control independiente para cada fogón	Ruleta independiente para cada fogón	Control común para todos los fogones
	INTERFAZ 1	INTERFAZ 2	INTERFAZ 3	INTERFAZ 4
Foto				
Tipo	Numérico	Numérico	Graduable	Numérico
Simbolos y elementos gráficos	°C, Posición fogón; Números	Encendido; +/- para temperatura; Fuego grande; Posición fogón	Tamaño llama; Posición fogón; Indicador posición ruleta	b; Temporizador; Encendido; Bloqueo; Escala de calor; Posición fogón
Tipo indicador	Luminoso; sonoro	Luminoso; sonoro	Luminoso; sonoro	Luminoso; sonoro
Características	Ruleta sobresale sobre superficie; Relieve en indicador luminoso; No tiene tope de giro; Rango de temperaturas alrededor de toda la ruleta; Posibilidad de ir del tope al cero directamente; Ruletas con muescas	Superficie lisa; Controles alineados; Dispone de niveles intermedios	Ruleta sobresale sobre superficie; Tope en la temperatura mínima; Rango de temperaturas dispuesto en un cuarto de giro	Superficie lisa; Controles alineados

### 3 Capacidades demandadas en el uso de las placas de cocción

Para determinar las capacidades demandadas en el uso de las placas seleccionadas se definen las tareas y acciones a seguir para el uso de las placas. A continuación, se identifican los atributos de cada interfaz que están relacionados con cada tarea y acción, y finalmente, se identifican las capacidades de las personas necesarias para la ejecución de dichas tareas y acciones.

#### 3.1 Tareas a realizar para el uso de las placas

El *Análisis Jerárquico de Tareas* o, en inglés, *Hierarchical Task Analysis* (HTA) ha sido la herramienta elegida para identificar las acciones a realizar en la interacción con las placas. En este estudio, el HTA se ha seleccionado por su potencial a la hora del diseño de las interfaces [6]. Además, su aplicación en el campo de la ergonomía tiene fines variados como pueden ser el análisis y/o predicción de errores o la formación de técnicos [7].

Así, el objetivo principal del HTA es desgranar una tarea general en unidades mínimas de subtareas que muestren las acciones necesarias para su ejecución. Para ello, primeramente, se selecciona la tarea a analizar y, a continuación, preguntando repetidamente “cómo” se van definiendo las subtareas hasta llegar al nivel de detalle deseado. El HTA se suele utilizar en combinación con otras técnicas como la observación o las entrevistas con usuarios pues facilitan el entendimiento del desarrollo de la tarea.

En este caso, se ha combinado el HTA con la observación [8] de usuarios. Para ello, se ha observado cómo un usuario experto en el uso de cada una de las placas realiza la tarea general de “cocer un plato de pasta durante 10 minutos”. De esta forma, se ha llegado a determinar las acciones a realizar para la consecución de las tareas y subtareas identificadas.

En la Tabla 2 se muestran como ejemplo las subtareas identificadas en el HTA de la Placa 1. Como se puede apreciar se han identificado tareas a diferentes niveles y, en los niveles más básicos, se hace referencia a las acciones concretas realizadas en el uso de la placa por parte de los usuarios.

Así, se identifica para la Placa 1 un patrón de uso, donde, la secuencia “localizar\_mirando”/“subtarea”/“agarrar”/“girar\_ver” se repite para cada subtask de los primeros niveles. La acción “localizar” es la primera a realizar y el “girar” la última dando como respuesta un *feedback* en algunas de las ocasiones.

#### 3.2 Atributos de diseño de las interfaces

Las interfaces están constituidas por diferentes atributos como pueden ser ruletas, símbolos o elementos luminosos. A través de estos atributos se da la interacción con las placas.

Los atributos de las interfaces han sido numerados (Imagen 1) y relacionados directamente con las acciones identificadas en el HTA como se puede ver en la Tabla 2. Así, cada acción identificada en los HTA viene dada mediante uno o varios

atributos de las interfaces de las placas. Por ejemplo, en la Placa 1, la acción “localizar mando fogón mirando dibujo indicador” hace referencia al elemento gráfico 1 que indica qué fogón es controlado por cada ruleta o “agarrar ruleta con dedos” hace referencia a la propia ruleta, elemento número 5.

Tabla 2: Subtareas identificadas en la Placa 1

Placa 1	Atributo
2. Interacción con interfaz	
2.1. Encendido fogón	
2.1.1. LOCALIZAR mando fogón MIRANDO dibujo indicador	1
2.1.2. Dar temperatura	4, 5
2.1.2.1. AGARRAR ruleta con dedos	5
2.1.2.2. GIRAR ruleta con mano hasta VER número deseado en posición superior	4, 5
Feedback VISUAL. Indicadores luminosos	2
2.2. Regular temperatura	
2.2.1. LOCALIZAR mando fogón MIRANDO ruleta fuera de su posición inicial	4, 5
2.2.2. Modificar temperatura	4, 5
2.2.2.1. AGARRAR ruleta con dedos	5
2.2.2.2. GIRAR ruleta con mano hasta VER número deseado en posición superior	4, 5
2.3. Apagado placa	
2.3.1. LOCALIZAR mando fogón MIRANDO ruleta fuera de su posición inicial	4, 5
2.3.2. Modificar temperatura	4, 5
2.3.2.1. AGARRAR ruleta con dedos	5
2.3.2.2. GIRAR ruleta con mano hasta VER cero en posición superior	4, 5
Feedback VISUAL. se apagan indicadores luminosos	2



Imagen 1: Interfaz Placa 1

#### 3.3 Capacidades demandadas por las placas

Para identificar las capacidades de las personas demandadas para la interacción con las cuatro placas (Tabla 3) se ha cogido como referencia la clasificación de capacidades usada en el Exclusion Calculator [9]. De esta forma se usa el mismo criterio para valorar las capacidades tanto al relacionarlas con las tareas como para calcular el número de personas excluidas en el apartado 4.

Como se puede observar en la Tabla 3 se valoran: la visión (V1) y la audición (A1), que hacen referencia a las capacidades de ver y oír; la cognición, con cinco ítems que son la concentración (C1), la memoria a largo plazo (C2), la alfabetización (C3), la comprensión oral (C4) y el habla (C5); la destreza, tanto en la mano-dominante como en la mano-no dominante, con cuatro ítems, la fuerza para levantar las cosas (D-MD1, D-MND1), la destreza (D-MD2, D-MND2), el alcance frontal y superior (D-MD3, D-MND3) y el alcance inferior (D-MD4, D-MND4); y por último, la movilidad en tres ítems, caminar (M1), subir escaleras (M2) y estar de pie y en equilibrio (M3).

**Tabla 3: Capacidades demandadas por las Placas 1, 2, 3 y 4**

		Placa 1	Placa 2	Placa 3	Placa 4
Visión	V1	•	•	•	•
Audición	A1		•	•	•
Cognición	C1	•	•	•	•
	C2	•	•	•	•
	C3	•	•	•	•
	C4		•	•	•
	C5				
Destreza- Mano dominante	MD1				
	MD2	•	•	•	•
	MD3	•	•	•	•
	MD4	•			
Destreza- Mano no dominante	MND1				
	MND2				
	MN3				
	MN4				
Movilidad	M1				
	M2				
	M3	•	•	•	•

A modo de ejemplo, en la Tabla 4 se muestra una comparativa de la relación entre las acciones necesarias para la realización de la subtarea “regular temperatura”, existente en las cuatro placas, y las capacidades demandadas para tal efecto. Se puede ver cómo se relacionan con facilidad las acciones con las capacidades necesarias para su consecución. Así, la palabra “localizar” hace referencia a una demanda cognitiva, “agarrar” a una destreza o “ver” a una visual.

De este modo se ha especificado cuáles son las capacidades necesarias para las tareas y acciones identificadas con el HTA en cada una de las placas.

Como se ve en la Tabla 3, a nivel general, las Placas 2, 3 y 4 demandan las mismas capacidades y solo se diferencia la Placa 1 en este respecto. Sin embargo, haciendo una lectura más detallada se obtienen las siguientes conclusiones por cada capacidad (Tabla 4): visión, audición, cognición, destreza y movilidad.

**3.3.1 Visión.** Aunque la secuencia de ejecución de las tareas varía ligeramente entre las diferentes placas y también para las diferentes subtareas de una misma placa, la primera acción siempre es la de “localizar\_mirando” en todas las placas. La acción “localizar” es la primera a realizar y va unida al verbo “mirando”. Esto significa que la capacidad de visión es imprescindible para el uso de la placa. Así, la acción “localizar” puede restringir desde un inicio el uso de las placas para las personas con discapacidad visual. Sin embargo, tanto en la Placa 1 como en la Placa 3 el mando sobresale de la superficie y da opción a poder localizarlo a través del tacto si bien los usuarios elegidos no lo han hecho así. No sucede lo mismo en las Placas 2 y 4, controles táctiles, donde la interfaz es lisa y no da opción a usar otro sentido que no sea la vista para localizar el mando.

Por otro lado, la capacidad de ver también es importante para percibir los *feedbacks*. Las placas 3 y 4 constan de *feedbacks* auditivos además de visuales que van guiando al usuario. Sin embargo, solamente se indica de forma visual la intensidad a la cual está regulada la temperatura del fogón.

**3.3.2 Audición.** La ausencia de *feedback* auditivo hace que la Placa 1 no demande capacidad auditiva. Sin embargo, el *feedback* auditivo es una alternativa al *feedback* visual en las placas 2, 3 y 4 y, por lo tanto, no resulta excluyente siendo un punto a favor desde el punto de vista de la accesibilidad.

**3.3.3 Cognición.** Al comparar las diferentes HTA de las placas, también se concluye que a mayor número de prestaciones utilizadas es mayor el número de subtareas a realizar. Es decir, el número de subtareas a desarrollar para hervir un plato de pasta es mayor si se utilizan funciones tales como el “*booster*” o el “*temporizador*”, no disponibles en todos los modelos de placas de cocción. Este aumento de subtareas, no tiene por qué derivar directamente en un aumento de secuencias necesarias para la interacción. Sin embargo, en el caso de la Placa 4 el aumento de prestaciones si supone un mayor número de símbolos y elementos gráficos que, en un principio, supone una mayor complejidad a nivel cognitivo.

En cuanto al control de cada fogón se refiere, que cada fogón tenga su propio mando disminuye la cantidad de subtareas a realizar para el encendido, apagado o control de la temperatura. En los casos del mando único, Placa 4, es necesario seleccionar el fogón sobre el cual se quiere actuar antes de hacerlo, sin embargo, en el resto de las placas se puede ejecutar la tarea directamente una vez identificado el mando correcto. Esto simplifica la secuencia de uso.

**3.3.4 Destreza.** Solo se hace uso de la mano dominante no habiendo ninguna acción que demande destreza de la mano no dominante. Por ello, a partir de ahora se omitirá esta parte de la tabla.

En cuanto a la posición de la interfaz se refiere, en la Placa 1 los mandos se encuentran en la parte frontal y no en el plano de la placa como sucede en el resto de las placas. Esto hace que sea necesario inclinarse ligeramente para poder ver adecuadamente los elementos gráficos y números y requiere de destreza de alcance inferior (D-MD4).

Otra diferencia que se identifica en la interacción con las diferentes placas es el tipo de acción necesaria para realizar la tarea. Mientras que en los mandos de ruleta el giro es necesario, en las interfaces táctiles se sustituye esta acción por el “pulsar” o el “deslizar”.

**3.3.5 Movilidad.** En un principio todas las placas son usadas cuando el usuario está de pie es, por ello, que exige movilidad para estar de pie y en equilibrio (M3).

## 4 Número de personas excluidas para el uso de las placas de cocción

Para el cálculo del número de personas que quedan excluidas en el uso de la interfaz de las placas objeto de estudio se ha usado la herramienta de cálculo *Exclusion Calculator* [10]. El *Exclusion Calculator* es una de las herramientas utilizadas para el cálculo de la exclusión en el uso de un producto o servicio [11]. Ayuda en el cálculo del número de personas del Reino Unido que quedan excluidas debido a las capacidades demandadas para la realización



**Tabla 4: Relación subtarea-capacidad demandada para subtarea "regular temperatura" en Placas 1, 2, 3 y 4**

		Visión		Cognición					Destreza-Mano dominante				Destreza-Mano no dominante				Movilidad		
		V1	A1	C1	C2	C3	C4	C5	MD1	MD2	MD3	MD4	MND1	MND2	MN3	MN4	M1	M2	M3
<b>Placa 1</b>	2.2. Regular temperatura	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	2.2.1. LOCALIZAR mando fogón MIRANDO ruleta fuera de su posición inicial	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	2.2.2. Modificar temperatura	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	2.2.2.1. AGARRAR ruleta con dedos	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	2.2.2.2. GIRAR ruleta con mano hasta VER número deseado en posición superior	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<b>Placa 2</b>	2.2. Regular temperatura	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	2.2.1. LOCALIZAR mando fogón MIRANDO indicador numérico encendido	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	2.2.2. Modificar temperatura	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	2.2.2.1. LOCALIZAR símbolo disminución temperatura con MIRADA	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	2.2.2.2. PULSAR con dedo símbolo disminución temperatura hasta VER número deseado	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	Feedback VISUAL. Va cambiando el número	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	Feedback AUDITIVO. Pitido breve por cambio de número	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<b>Placa 3</b>	2.2. Regular temperatura	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	2.2.1. LOCALIZAR mando fogón MIRANDO ruleta fuera de su posición inicial	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	2.2.2. Modificar temperatura	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	2.2.2.1. AGARRAR ruleta con dedos	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	2.2.2.2. GIRAR ruleta con mano hasta tope en el mínimo	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<b>Placa 4</b>	2.2. Regular temperatura	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	2.2.1. Seleccionar fogón	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	2.2.1.1. LOCALIZAR mando fogón MIRANDO dibujo indicador	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	2.2.1.2. PULSAR con dedo dibujo fogón para seleccionarlo	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	Feedback VISUAL. Parpadea número junto a símbolo	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	Feedback AUDITIVO. Pitido breve	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	2.2.2. Dar temperatura	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
2.2.2.1. LOCALIZAR barra para regular intensidad MIRANDO interface	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
2.2.2.2. APOYAR dedo al inicio de la barra	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
2.2.2.3. DESLIZAR dedo a lo largo de barra hasta VER temperatura deseada	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
Feedback VISUAL. Va cambiando el número	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
Feedback AUDITIVO. Pitido breve	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		

de una tarea. Es una herramienta cuantitativa que tiene como base los datos de la encuesta "Disability Follow-Up to the 1996/97 Family Resources Survey" realizada en Reino Unido [12] y es en combinación con otras herramientas de índole cualitativo cuando se obtienen mejores resultados [13]. En este caso se ha combinado con el HTA.

Para el cálculo del número de personas excluidas, primeramente, es necesario identificar una tarea a evaluar. Después, se van indicando los niveles de capacidad requeridos para el desarrollo de la tarea para los ítems de las diferentes capacidades en una escala del 1 al 12. Como resultado se obtiene el porcentaje de personas excluidas para la ejecución de la tarea inicial. El resultado total se puede dividir tanto por grupos de edad como por capacidades.

Así, partiendo de los HTA realizados se ha ido indicando el nivel de la demanda de las diferentes dimensiones de las capacidades para cada acción. Posteriormente, se ha ido subiendo en las subtareas e indicando del mismo modo el nivel de las capacidades necesarias para su consecución y, finalmente, se define el nivel de las capacidades requeridas para cada placa seleccionada (Tabla 5).

Con esta información como punto de partida, tal y como se muestra a continuación, se ha calculado la tasa de exclusión por edades y por tipologías de capacidad.

### 4.1 Exclusión por edades

El resultado del número de personas excluidas se muestra en la Tabla 6. La Placa 2 resulta ser la que menos personas excluye no permitiendo la interacción con ella a 3.767.961 personas del Reino Unido. Al contrario, la placa 4 es la más excluyente con una diferencia de 649.648 personas.

Según las cifras de exclusión obtenidas por edades se pueden apreciar tres saltos significativos en cada una de las placas (Tabla 6). El primero de ellos se da entre los grupos de edades comprendidas entre los 25-39 años y los 40-64 años. El segundo

salto se da entre las edades de 40-64 y 65-79. El tercer y último salto se da entre los grupos de edades de 65-79 años y +80 años. Así, pasa de haber un promedio de un 2.9% (1.266.814 personas) de exclusión en el grupo de 25-39 años a haber un promedio de 44,4% (19.218.771 personas) de exclusión entre los mayores de 80 años debido a las interfaces de las placas de cocción analizadas.

**Tabla 5: Nivel de capacidad demandada por placa de cocción**

		Placa 1	Placa 2	Placa 3	Placa 4
Visión	V1	12	8	12	12
	A1		6	7	6
Cognición	C1	8	8	8	8
	C2	4	8	4	10
	C3	4	4	4	4
	C4		2	2	2
	C5				
Destreza-Mano dominante	MD1				
	MD2	4	8	4	8
	MD3	4	4	4	4
	MD4	4			
Destreza-Mano no dominante	MND1				
	MND2				
	MN3				
	MN4				
Movilidad	M1				
	M2				
	M3	6	6	6	8

Existe también diferencias entre las distintas placas de la muestra. Si bien en los grupos más jóvenes la diferencia es pequeña, en el grupo de +80 años puede llegar a haber una diferencia de 7,8 puntos (3.378.172 personas) entre la placa que más personas excluye y la que menos.

**Tabla 6: porcentaje de personas excluidas para el uso de las placas por edades**

	16-24 años	25-39 años	40-64 años	65-79 años	+80 años	TOTAL
Placa 1	2,5%	3,0%	8,8%	18,2%	42,9%	9,3%
Placa 2	2,2%	2,8%	8,2%	17,6%	40,6%	8,7%
Placa 3	2,5%	2,8%	8,6%	18,9%	45,6%	9,3%
Placa 4	2,5%	3,1%	9,5%	20,8%	48,4%	10,2%

En estas cifras se refleja la relación existente entre envejecimiento y discapacidad y hasta qué punto puede influir el diseño de una interfaz en la accesibilidad de una placa de cocción. Por otro lado, cabe pensar que con el envejecimiento de la población las cifras de exclusión irán en aumento.

## 4.2 Exclusión por tipología de capacidad

Asimismo, se han calculado también las cifras de exclusión por capacidades, tal y como se muestra en la Tabla 7, siendo la visión junto con la destreza y la movilidad las capacidades más excluyentes.

A continuación, se muestra en detalle el análisis de cada una de las capacidades: visión, audición, cognición, destreza y movilidad.

**Tabla 7: Porcentaje de personas excluidas para el uso de las placas por capacidades**

	Visión	Audición	Cognición	Destreza mano dominante	Movilidad
Placa 1	3,5%	0,0%	2,6%	5,6%	4,1%
Placa 2	0,9%	1,4%	2,8%	3,7%	4,1%
Placa 3	3,5%	1,7%	2,7%	2,1%	4,1%
Placa 4	3,5%	1,4%	2,9%	3,7%	4,1%

**4.2.1 Visión.** La Placa 2 es la menos excluyente. Esto se debe a la simplicidad y tamaño de los símbolos y elementos gráficos y a la ausencia de palabras escritas.

**4.2.2 Audición.** Se diferencia la Placa 1 por la ausencia de demanda auditiva. Esto se debe a la falta de *feedback* auditivo en esta placa. En el resto de placas la diferencia es pequeña en cuanto a los porcentajes de exclusión. Sin embargo, la audición no debería ser excluyente puesto que es una alternativa al *feedback* visual.

**4.2.3 Cognición.** Es una de las capacidades menos excluyentes. Las cifras obtenidas en cognición ratifican lo dicho en el apartado 3.3.3 en cuanto al número de símbolos y elementos gráficos se refiere. Un mayor número de estos elementos se traduce en una mayor carga cognitiva y, en consecuencia, mayor tasa de exclusión. En este respecto la Placa 4 sale la peor parada si bien no hay mucha diferencia.

**4.2.4 Destreza.** La Placa 1 sale muy penalizada por la posición frontal de los mandos. Las Placas 2 y 4, sin embargo, son penalizadas por la destreza necesaria para interactuar con la interface táctil tal y como se menciona en el apartado 3.3.4. De los valores de exclusión dados por la destreza se concluye que el giro exigido por la Placa 3 es menos exigente que la precisión de movimiento necesaria en las placas con controles táctiles.

**4.2.5 Movilidad.** Al igual que en la demanda cognitiva, la Placa 4 es la más excluyente. La principal diferencia radica en el mayor número de acciones a realizar por tener un solo mando para todos los fogones. Esto se traduce en un mayor tiempo total de interacción estando de pie y por lo tanto mayor demanda motora.

## 5 Limitaciones

Se han identificado tres limitaciones principales a lo largo del estudio a tener en cuenta en próximas investigaciones: la selección de usuarios, la base de datos del *Exclusion Calculator* y las acciones no exclusivas.

En primer lugar, está la selección de los usuarios. Se cree que la selección de placas realizada da pie a valorar las características de las interfaces de placas de cocción existentes en el mercado. Sin embargo, para la realización del HTA se ha recurrido a usuarios expertos que han ayudado a definir el flujo de uso, pero no a identificar los errores o dificultades que puede acarrear el uso de cada placa. Por ello, se cree importante ampliar la muestra de usuarios siguiendo dos criterios: incluir usuarios principiantes e incluir usuarios extremos en cuanto a capacidades de las personas se refiere.

En segundo lugar, está la base de datos de la que se nutre el *Exclusion Calculator*. Los datos que coge como referencia la herramienta se basan en una encuesta realizada en 1997 en Reino Unido. Por un lado, se cree que sería interesante poder tener como base unos datos más actuales y, por otro lado, sería preferible para este caso obtener datos derivados de la población española, como, por ejemplo, la encuesta EDAD que actualmente se está elaborando.

En tercer lugar, estaría la opción de tener en cuenta las acciones que no resultan exclusivas. Analizando los datos por capacidades se identifica un pequeño error de cálculo de la propia herramienta, puesto que realmente la necesidad de audición es alternativa en las placas 2, 3 y 4 y no debería ser excluyente. Sería interesante que la herramienta pudiera contemplar este tipo de complementariedades entre las capacidades.

## 6 Conclusiones

Tras el análisis realizado a las 4 placas de cocción de la muestra se demuestra hasta qué punto puede influir el diseño de una interfaz en la accesibilidad de una placa de cocción. Así, se aprecia cómo la integración de interfaces digitales facilita la incorporación de nuevas prestaciones como pueden ser el temporizador o el booster. Sin embargo, la interface se hace más compleja y, a su vez, menos accesible. Por lo que, se creen imprescindibles estudios como los presentados en este artículo en el salto que se está dando hacia la digitalización de los productos.

Se concluye, también, que para el diseño de unas interfaces accesibles para las placas de cocción se deberían de seguir las siguientes directrices:

- Posibilitar la localización de los mandos, además de los *feedbacks*, tanto por la visión como por otros sentidos como pueden ser el tacto o el sonido.
- Cada fogón debería de tener su propio mando para simplificar y facilitar su uso. Del mismo modo, sería recomendable que las prestaciones adicionales tuvieran también sus controles o estuvieran relacionados con los fogones directamente.
- Simplificar y minimizar al máximo posible los símbolos y elementos gráficos usando a ser posible estándares y aumentando su dimensión.
- Minimizar en la medida de lo posible la destreza exigida para la interacción a través del uso de ruletas o aumentando la zona de interacción para cada acción.
- Colocar la interface con los mandos a la altura de la placa evitando la necesidad de agacharse o estirarse minimizando de este modo el nivel de alcance requerido.

En cuanto a las herramientas utilizadas la combinación del HTA y las observaciones han ayudado a ir paso a paso teniendo en cuenta los diferentes detalles y matices tanto de las interfaces como de la interacción. Sin embargo, la clasificación de las capacidades en algunos puntos ha sido limitante al respecto. Por ejemplo, no se hace mención alguna de la lectura e interpretación de símbolos y en este caso son elementos básicos. En otros puntos ha sido demasiado extensa, por ejemplo, no es necesario el uso de la mano no dominante. Por ello, se concluye que es conveniente adaptar esta clasificación por tipología de producto y tenerlo en cuenta para el cálculo del número de personas que quedan excluidas en el uso de un producto o servicio.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece por su apoyo a este trabajo de investigación a Mondragon Componentes y a Mondragon Goi Eskola Politeknikoa.

## REFERENCIAS

- [1] OMS, "Informe mundial sobre el envejecimiento y la salud," 2015.
- [2] Instituto Nacional de Estadísticas, "Panorámica de la discapacidad en España," *Boletín Inf. del Inst. Nac. Estadística*, pp. 1–12, 2009.
- [3] A. González-de-Heredia, "Integración de aspectos de envejecimiento en la metodología de diseño centrado en las personas del DBZ." Escuela Politécnica Superior de Mondragon Unibertsitatea, p. 90, 2017.
- [4] H. Persson, H. Åhman, A. A. Yngling, and J. Gulliksen, "Universal design, inclusive design, accessible design, design for all: different concepts—one goal? On the concept of accessibility—historical, methodological and philosophical aspects," *Univers. Access Inf. Soc.*, vol. 14, no. 4, pp. 505–526, 2015.
- [5] J. Dong, R. Li, Z. Ji, and C. He, "Research on Multi Human-Computer Interface Design of Household Electrical Appliances," vol. 10917, pp. 255–270, 2018.
- [6] J. T. Hackos and J. C. Redish, *User and Task Analysis for Interface Design*. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, Inc., 1998.
- [7] N. A. Stanton, "Hierarchical task analysis: Developments, applications, and extensions," *Appl. Ergon.*, vol. 37, no. 1, pp. 55–79, Jan. 2006.
- [8] B. Martin and B. M. Hanington, *Universal methods of design: 100 ways to research complex problems, develop innovative ideas, and design effective solutions*. Rockport Publishers, 2012.
- [9] "Assessing demand and exclusion." [Online]. Available: <http://www.inclusivedesigntoolkit.com/UCframework/framework.html>. [Accessed: 12-Mar-2019].
- [10] "Calculating exclusion for user journeys." [Online]. Available:

- [11] <http://calc.inclusivedesigntoolkit.com/>. [Accessed: 19-Feb-2019].  
E. Zitkus, P. Langdon, and P. J. Clarkson, "Accessibility evaluation: Assistive tools for design activity in product development," no. June, 2011.
- [12] S. D. Waller, M. D. Bradley, P. M. Langdon, and P. J. Clarkson, "Visualising the number of people who cannot perform tasks related to product interactions," vol. 44, pp. 1–31, 2013.
- [13] J. Goodman-Deane, J. Ward, I. Hosking, and P. J. Clarkson, "A comparison of methods currently used in inclusive design," *Appl. Ergon.*, vol. 45, no. 4, pp. 886–894, Jul. 2014.

**Session 4B: Behaviour Recognition (English)**





**Statistical HOG on multi-temporal depth motion maps approach for human action recognition**

Heba Ali, Aliaa Youssif and Hossam Mofteh.

**Abstract:** This work proposes an efficient spatiotemporal compact descriptor for action representation from depth map sequences. The feature descriptor is intended to resolve the problems of distinguishing different posture shapes with temporal order. The proposed work is composed of three phases. In the first phase, a depth sequence is partitioned into three non-overlapping temporal depth parts which are utilized to produce three depth motion maps (DMMs) to capture the shape and motion cues leading to a multi-temporal DMMs representation. In the following phase, the Histogram of Oriented Gradients (HOG) is adopted from DMMs. Time-frequency statically features then extracted from DMM-HOG descriptor and concatenated in order to feed L2-CRC in the last phase. Comprehensive experiments on the known datasets clarify how the proposed approach exceeds action recognition related approaches. Experimental results achieved 97.93% and 95.97% for MSR Action3D, MSR Gesture3D respectively.

Notes/Notas:



**Exploring the addition of audio input to wearable punch recognition**

Juan Quintero Ovalle, Katarzyna Stawarz and Asier Marzo.

**Abstract:** Martial arts can promote healthy lifestyles, improve self-confidence and provide self-defence skills. Previous work has demonstrated that inertial sensors can be used to recognise movements such as punches in boxing and support self-directed training. However, many martial arts do not use gloves which means that punches can be performed with different parts of the hand, and therefore produce a different sound on impact. We investigate if it is possible to recognise different punches executed with a bare hand, and if the recognition rate improves by combining audio input with the traditional inertial sensors. We conducted a pilot study collecting a total of 600 punches, using a wearable wristband to capture inertial data and a stand-alone microphone for audio input. The results showed that it was possible to distinguish five types of punches with 94.4% accuracy when using only inertial data, and that adding audio input did not improve the accuracy. These findings can guide the design of future wearables for punch recognition.

Notes/Notas:

**Bouncy Buttons: Turning standard buttons into pressure-sensitive inputs**

Asier Marzo.

**Abstract:** Buttons are one of the most extended input methods that we use to interact with machines. Videogames, medical devices or coffee makers are controlled with the binary input of buttons. However, it has been shown that pressure information can be used to enhance interaction, improve user authentication or speed up text entry. Here, we show a method to detect the strength of the keystroke on regular buttons by analyzing the bounce signal. When a button is pressed, two metallic parts make contact and bounce several times. This signal has always been “debounced” to get a stable input but for the first time we use it to detect how strongly the button was pressed. Now, existing binary buttons could detect different levels of pressure for extended input capabilities.

Notes/Notas:







## Session 4C: User Experience (English)





**User experience problems in immersive virtual environments**

Juan Luis Berenguel Forte, Francisco Luis Gutiérrez Vela and Patricia Paderewski Rodríguez.

**Abstract:** In recent years there has been a great boom in the use of immersive virtual environments applications, but research into interaction techniques for these technologies has not had the same growth. Therefore, it is necessary to study the user experience of the different forms of interaction that these technologies offer to users and give developers the information needed to use the techniques that best suit their applications and their users. This work is an exploratory study to detect the problems that the users find in this kind of applications. We aim to make an evaluation of a determined set of interaction techniques, both in virtual and augmented reality, attending to the problems produced in the users to know the strengths and weaknesses of each type of interaction technique.



Notes/Notas: **Analysing the UX scope through its definitions**

Pedro Gómez-López, Francisco Montero Simarro and María Teresa López Bonal.

**Abstract:** The term user experience (UX), even today, is being a concept surrounded by ambiguity in its definition, which makes it difficult to be fully understood. There is a wide variety of interpretations around the UX concept, and although there have been attempts to develop a unified view of UX, there is still no common understanding of the nature and scope for the term "user experience". Benefits of a shared vision of the concept fall mainly on the relationship between research and industry. The effectiveness and efficiency of the UX study and learning have a direct impact on the relationship of consumers with the products and services available in the market. The challenge addressed in this article is to analyse the different definitions and interpretations of UX with the aim of deriving common knowledge about the meaning and scope of the term, through machine learning (ML) and natural language processing (NLP).

Notes/Notas:

**Session 4D: Avances y Desafíos en la IPO en la  
Industria Digitalizada (Spanish)**



Interacción 2019

2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain



**Tecnologías de Interacción Persona-Ordenador en la docencia de la Industria 4.0: Un caso de estudio**

Alfonso Blesa Gascón, Jesús Gallardo Casero and Carlos Catalán Cantero.

**Abstract:** La Industria 4.0 está empezando a ser ya una realidad dentro de los sistemas de fabricación. Esta ha surgido a partir de nuevos paradigmas, especialmente de los sistemas ciberfísicos. Una tecnología disruptiva que se considera va a llevar consigo grandes cambios no solamente a nivel tecnológico, sino también a nivel económico y social. Por este motivo, la Industria 4.0 está siendo ya incorporada en todas las universidades en la formación de los futuros ingenieros. En este contexto, tienen una especial importancia las tecnologías relacionadas con la interacción persona-ordenador. Este trabajo presenta un caso de estudio que busca integrar la fabricación aditiva y la realidad aumentada en una asignatura donde se aborda el desarrollo de CPS. Los primeros resultados indican que aumenta la satisfacción global en esta por parte de los alumnos, los cuales valoran positivamente dicha integración, ya que les permite conocer y usar otras tecnologías importantes en su futura profesión.

Notes/Notas:





# Tecnologías de Interacción Persona-Ordenador en la docencia de la Industria 4.0: Un caso de estudio

Alfonso Blesa<sup>†</sup>

Dpto. de Ingeniería Electrónica y  
Comunicaciones  
Universidad de Zaragoza  
E.U. Politécnica de Teruel  
ablesa@unizar.es

Jesús Gallardo

Dpto. de Informática e Ingeniería  
de Sistemas  
Universidad de Zaragoza  
E.U. Politécnica de Teruel  
jesus.gallardo@unizar.es

Carlos Catalán

Dpto. de Informática e Ingeniería  
de Sistemas  
Universidad de Zaragoza  
E.U. Politécnica de Teruel  
ccatalan@unizar.es

## RESUMEN

La Industria 4.0 está empezando a ser ya una realidad dentro de los sistemas de fabricación. Esta ha surgido a partir de nuevos paradigmas, especialmente de los sistemas ciberfísicos. Una tecnología disruptiva que se considera va a llevar consigo grandes cambios no solamente a nivel tecnológico, sino también a nivel económico y social. Por este motivo, la Industria 4.0 está siendo ya incorporada en todas las universidades en la formación de los futuros ingenieros. En este contexto, tienen una especial importancia las tecnologías relacionadas con la interacción persona-ordenador. Este trabajo presenta un caso de estudio que busca integrar la fabricación aditiva y la realidad aumentada en una asignatura donde se aborda el desarrollo de CPS. Los primeros resultados indican que aumenta la satisfacción global en esta por parte de los alumnos, los cuales valoran positivamente dicha integración, ya que les permite conocer y usar otras tecnologías importantes en su futura profesión.

## CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing** → **Human-Computer Interaction (HCI)** → **Interaction paradigms** → **Mixed/augmented reality**

## PALABRAS CLAVE

Industria 4.0, impresión 3D, educación, sistemas ciberfísicos, realidad aumentada, IPO.

## 1. Introducción.

En la actualidad, un paradigma clave en la Industria 4.0 son los denominados sistemas ciberfísicos (en inglés, *Cyber-physical System*, abreviadamente CPS) [1]. Estos dispositivos son el resultado de la convergencia de tres tecnologías: computación, control y comunicación. Aunque los CPS pueden ser considerados una nueva generación o evolución de los sistemas embebidos, en realidad se consideran una tecnología disruptiva que se espera tenga un fuerte impacto económico y social [2].

El diseño, modelado, simulación e integración de los CPS es abordado en [3], en el que se indica el proceso de transición desde los sistemas mecatrónicos y se incide sobre la necesidad de que las metodologías de diseño no centradas solamente en los

componentes físicos y computacionales, sino también en su integración e interacción. Dentro de los múltiples dominios de aplicación de los CPS [4] nos interesamos de manera especial por su uso en la manufactura, enmarcada en la cuarta generación de los sistemas de fabricación, denominada Industria 4.0 [5].

La Industria 4.0 se sustenta en nueve pilares esenciales [6]: robótica avanzada, fabricación aditiva, realidad aumentada, simulación, integración vertical/horizontal, Internet industrial, *cloud computing*, ciberseguridad y *big data*. En este contexto la interacción entre los sistemas de fabricación en la Industria 4.0 y las personas adquiere una gran importancia al ser estos sistemas cada vez más complejos. Por ello, las tecnologías de la interacción deben ser parte de la formación de los ingenieros encargados de desarrollar este tipo de sistemas. En este trabajo se presenta un caso de estudio en relación con la integración de tecnologías IPO (Interacción Persona Ordenador) en la docencia de la Industria 4.0. En particular, la fabricación aditiva y la realidad aumentada en el desarrollo de CPS.

En la Sección 2 se describe brevemente ambas tecnologías. Por su parte, la Sección 3 identifica algunas de las ventajas e inconvenientes de su uso docente. A continuación, la Sección 4 presenta el caso de estudio en el contexto de una asignatura de Sistemas electrónicos empotrados en el Grado de Ingeniería Electrónica y Automática. Por último, la Sección 5 presenta las principales conclusiones del trabajo.

## 2. Descripción de tecnologías de visualización de datos.

### 2.1 Realidad virtual, aumentada y mixta.

Los conceptos de realidad virtual, aumentada y mixta son términos que a menudo se confunden y sobre los que hay diferencias en las definiciones de autores distintos. Habitualmente se considera que se está ante un caso de realidad virtual (RV) cuando la persona está totalmente inmersa en un mundo sintético sin ninguna posibilidad de ver el mundo real salvo por las representaciones generadas por ordenador [7]. Por su parte, la realidad aumentada (RA) implica sistemas que combinen contenido real y virtual, proporcionen un entorno en tiempo real y manejen 3D [8].

Actualmente, es muy habitual manejar estos conceptos en ámbito del denominado *continuo de la virtualidad* [9]. De esta forma, existiría una escala continua que tendría en sus extremos al mundo real y al mundo virtual, y conforme se fuese avanzando del primero al segundo iría aumentando el peso de los elementos generados por el ordenador. En esa escala, la realidad aumentada estaría cerca del mundo real, y la realidad virtual, junto al mundo virtual. Todo lo que quedara en esa zona intermedia sería denominado realidad mixta.

Como ya se ha indicado, la incorporación de realidad aumentada es uno de los ejes del concepto de Industria 4.0, incluyendo cualquier posición en el continuo de la virtualidad que incluya suficientes elementos virtuales. Existen ya bastantes trabajos en este sentido, como por ejemplo la arquitectura propuesta en el proyecto SelSus [10], donde se virtualizan tanto los sensores como los actuadores para formar un entorno virtual colaborativo. Cabe mencionar también el sistema de realidad aumentada de la empresa de astilleros Navantia [11], que hace uso de dispositivos como las gafas Microsoft HoloLens, pensadas para entornos de realidad mixta como los que estamos mencionando.

## 2.2 Fabricación aditiva e impresión 3D.

Esta tecnología es un método de fabricación consistente en la adición de material hasta conseguir la forma deseada [12]. Una variante de esta es la popularizada impresión 3D, con la que se fabrican modelos o piezas finales de modo rápido.

En ámbitos docentes, las impresoras más utilizadas son las de inyección de material, ya que permiten trabajar con materiales fáciles de manipular (p. e. PLA o ABS) y, en la actualidad es posible el uso de varios materiales en el mismo proyecto. Además, se pueden construir prototipos para facilitar el aprendizaje de conceptos fundamentales, especialmente aquellos que implican visualización espacial [13]. También mejoran las habilidades (i. e. hazlo tú mismo) y conocimientos generales como fabricación y mantenimiento de equipos.

## 3. Uso en el ámbito docente: Ventajas e inconvenientes.

La barrera entre la formación presencial y no presencial es cada vez más difusa. Por ejemplo, la impresión 3D permite combinar el entorno físico con el digital, facilitando tomar ideas de ambos mundos, lo que la convierte en una buena herramienta para modelos de aprendizaje como *e-learning* [14]. En este sentido, se aconseja que la docencia incluya: a) aprendizaje presencial (*face to face teaching*), b) apoyo con recursos alojados en herramientas como Moodle y c) empleo de metodologías activas [6].

En cuanto a los sistemas de realidad aumentada, cada vez hay más estudios que demuestran su validez de cara a ser utilizados para la enseñanza. Así, en [15] se identifican como principales beneficios en la docencia el incremento en la motivación del alumno y una mejora de la curva de aprendizaje. En cuanto a la realidad virtual, se han identificado también varias contribuciones fundamentales, como pueden ser la mejora de la accesibilidad o la posibilidad de

personalización total, al poder ofrecer un entorno distinto a cada alumno [16].

La impresión 3D también tiene algunas limitaciones: La curva de aprendizaje puede ser excesiva para el tiempo o rendimiento esperado. Un motivo es el especial cuidado que debe tenerse según el tipo de material y la tecnología de impresión en lo relativo a seguridad de operación (gases, superficies muy calientes, etc.). Además, los ajustes de las impresoras requieren un tiempo antes de obtener buenos resultados, lo que puede llevar a una pequeña frustración por parte del alumno. Por otra parte, el mantenimiento de estos equipos es un problema crítico si se pretenden utilizar para grandes grupos de alumnos. Así, el uso de esta tecnología puede desviar al alumno respecto de los objetivos principales a alcanzar.

Por su parte, el uso de la realidad virtual y la realidad aumentada en el ámbito educativo también tiene sus contras. Así, algunos rechazan las actividades que supongan falta de contacto humano, o cuestionan si las habilidades adquiridas en el mundo virtual son suficientes para encarar trabajo real [17]. Y también hay otras problemáticas como el coste de los dispositivos o la cantidad y calidad de los materiales disponibles para estas tecnologías [18].

## 3.1 Consideraciones metodológicas.

Las mencionadas tecnologías invitan, casi de forma natural, al uso de metodologías activas, como el aprendizaje basado en proyectos o el trabajo colaborativo. Estas metodologías incrementan el nivel de exigencia tanto en el profesor como en los alumnos [19].

Según nuestra experiencia, una de las mayores dificultades en la docencia de la Industria 4.0 consiste en abordar en una asignatura la complejidad de sus tecnologías y sistemas, en cuanto a la envergadura de los proyectos que pueden realizarse. Una solución es que todos los alumnos desarrollen un único proyecto conveniente dividido en partes, que es la empleada en el caso de estudio objeto de este trabajo. Otra solución, más difícil de llevar a la práctica, es que el proyecto sea desarrollado entre varias asignaturas [20].

## 4. Caso de estudio: control de un sistema de fabricación mediante CPS.

A continuación, se presenta un caso de estudio donde se propone el control de un sencillo sistema de fabricación mediante CPS usando las tecnologías anteriormente indicadas. Este caso se enmarca en una asignatura de Sistemas electrónicos empotrados cursada en cuarto curso del Grado de Ingeniería electrónica y automática, siguiendo la metodología del aprendizaje basado en proyectos.

El sistema de fabricación consta de tres procesos, cada uno de los cuales se simula con una sencilla maqueta construida mediante impresión 3D. Cada proceso es responsabilidad de un grupo de trabajo y su control corresponde con un CPS ejecutado en un *Single Board Computer* (SBC), en este caso un Raspberry Pi [21]. Además de controlar el proceso es necesario comunicarse con el resto de procesos a efectos de coordinación con ellos (p. e. movimientos de piezas), así como con una supuesta aplicación de

gestión de producción ejecutada en un PC. En la Fig. 1 se observa el diagrama general del proyecto propuesto este curso a los alumnos. Además, también está contemplado el empleo de una aplicación de mantenimiento que usa realidad aumentada.

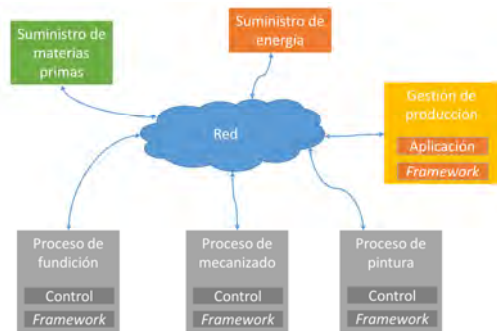


Fig. 1. Diagrama general del proyecto propuesto.

#### 4.1 Objetivos.

El objetivo principal es simular la fabricación de una hipotética pieza para automóviles que se define a partir de la entrada de bloques de aluminio que pasan por procesos de fundición, mecanizado, pintura y control de calidad. Entre estos procesos hay almacenes que gestionan el flujo de productos/subproductos.

Los procesos se recrean a partir de maquetas que se han diseñado y construido mediante impresión 3D y que reproducen los bloques indicados en la Fig. 1: a) maqueta 1, que corresponde con el proceso de fundición e incluye recepción de material, gestión energética de los hornos y contabilidad de unidades fabricadas; b) maqueta 2, que corresponde con el proceso de mecanizado y c) maqueta 3, que corresponde con el proceso de pintura. El profesor es el responsable de la gestión de producción y la monitorización de todos los procesos. A partir de aquí, cada grupo desarrolla el control de su proceso, así como la comunicación con el resto de procesos y producción. A este respecto, además del trabajo individual y en grupo son necesarias sesiones de coordinación entre los grupos.

#### 4.2 Trabajo práctico.

En primer lugar, los alumnos deben preparar y configurar su maqueta. Para ello, cada grupo tiene que decidir entre construirla o usar una ya construida y facilitada. A continuación, debe configurarla para su proceso específico (ver Fig. 2a). Seguidamente, debe diseñarse la aplicación de control, así como la comunicación con los otros procesos y la gestión de la producción. En esta fase es importante la puesta en servicio de todo el interfaz de proceso mediante los apropiados sensores y actuadores (Fig. 2).

El diseño debe ser validado por el profesor, tras lo que se procederá a su implementación. Para esta se utiliza una *framework* [22] que abstrae a los alumnos de parte de la complejidad que conlleva el desarrollo de un CPS. En particular, de los detalles de bajo nivel de la programación multitarea y la conectividad en red.

El *framework* dispone también de componentes que permiten supervisar y controlar, a través de la red, el funcionamiento del sistema, tanto en la fase de desarrollo como en la de explotación.

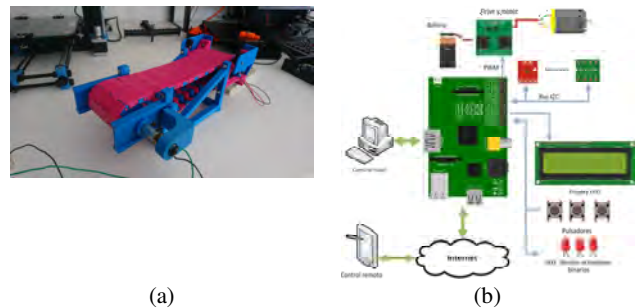


Fig. 2. (a) Maqueta con algunos sensores y actuadores ya instalados. (b) Diagrama hardware del sistema de control.

Para el próximo curso va a emplearse una aplicación de realidad aumentada para ayuda al mantenimiento haciendo uso del citado *framework*. Esta consistirá en una aplicación Android para dispositivos móviles. Debido al perfil de los alumnos (Grado en Ingeniería electrónica y automática), se suministrará ya implementada, por lo que únicamente deberán configurarla para su proceso. Dicha configuración consiste en crear un fichero de texto con información del geo-posicionamiento de la maqueta y los mensajes de textos fijos y variables a mostrar.

La aplicación mostrará en pantalla la imagen de la maqueta capturada por la cámara del dispositivo móvil junto con información añadida de funcionamiento (p. e. averías, datos para mantenimiento preventivo y predictivo, etc.). En la Fig. 3 se muestra un posible ejemplo de uso de dicha aplicación. Por su parte, en la Fig. 4 se muestra el correspondiente fichero de configuración.



Fig. 3. Ejemplo de uso de la aplicación de realidad aumentada para ayuda a mantenimiento.

#### 4.3 Resultados de aprendizaje.

Este caso de estudio muestra la inclusión de algunas de las tecnologías IPO usadas en la Industria 4.0 en la asignatura de Sistemas empujados donde se desea enseñar el paradigma de los CPS. Aunque el objetivo principal del curso es el desarrollo de este tipo de sistemas, los alumnos han valorado positivamente el uso de dichas tecnologías. Destacan los siguientes aspectos positivos:

1. Puesta en valor de algunas de las nuevas tecnologías IPO.
2. Una mayor motivación para completar el proyecto propuesto para cada grupo.
3. Estímulo al trabajo cooperativo y la coordinación en clase.
4. Incremento del interés por los alumnos hacia la metodología de aprendizaje basado en proyectos.
5. Mejor aprovechamiento de conocimientos cursados en asignaturas anteriores.

```

dispositivo = cintal
latitud = 40.351780
longitud = -1.108989
orientación = 28 NE

texto = "** Proceso de mecanizado - Cinta 1*"

texto = "** Motor cinta *"
texto = "Estado: %s" estado_motor_cintal
texto = "Ciclos: %d" ciclos_cintal

texto = "** Sensor 1 cinta *"
texto = "Estado: %s" estado_sensor1_cintal
texto = "Núm. Piezas: %d, num_piezas_cintal
    
```

**Fig. 4. Ejemplo de fichero de configuración de la aplicación de ayuda a mantenimiento.**

Para los resultados de aprendizaje, se debe tener en cuenta que esta es una asignatura optativa de último curso de grado, por lo que los alumnos están suficientemente motivados y los resultados de aprendizaje son, en su mayoría, buenos. No obstante, se observa que la satisfacción global de los alumnos por la asignatura con respecto a cursos anteriores ha crecido, según se muestra en la Tabla 1. Indicar que en el curso 2017-2018 se comenzó con el caso de estudio, consolidado en este curso 2018-2019.

**Tabla 1: Satisfacción global de los alumnos con la asignatura.**

Curso	Satisfacción global (sobre 5 puntos)
2018-2019	4,75
2017-2018	4,67
2016-2017	4,25
2015-2016	4,25

## 5. Conclusiones.

Los CPS son una realidad que ha irrumpido desde hace pocos años y cuya aplicación en los sistemas de fabricación está modificando estos sustantivamente (i.e. Industria 4.0). Por ello, los CPS están siendo ya incorporados en la formación de los ingenieros relacionados con este ámbito. Este trabajo ha focalizado su atención en el uso de la fabricación aditiva y la realidad aumentada en la docencia de la Industria 4.0, dentro en una asignatura de sistemas electrónicos empotrados en el Grado en Ingeniería electrónica y automática. Con este fin, se ha presentado un caso de estudio que lleva ya realizándose durante dos cursos, el cual se quiere continuar evolucionando. Hasta el momento, la experiencia indica que, a pesar de algunos inconvenientes, los alumnos valoran de forma muy positiva la incorporación en sus estudios de tecnologías que deberán conocer y usar en su futuro ejercicio profesional.

## AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el Gobierno de Aragón. Programa de apoyo a grupos de investigación: grupo *Interactive Systems, Adaptativity, Autonomy and Cognition* (cod. T33\_17D) y grupo *AffectiveLab* (Grupo T25\_17D).

## REFERENCIAS

- [1] H. Gill, *NSF Perspective and Status on Cyber-physical Systems: National Workshop on Cyber-physical Systems Austin, TX October 16-17, 2006*. National Science Foundation, 2006.
- [2] C. P. Systems, "NITRD. Cyber Physical Systems," 2015. [Online]. Available: [https://www.nitrd.gov/nitrdgroups/images/6/6a/Cyber\\_Physical\\_Systems\\_%28CPS%29\\_Vision\\_Statement.pdf](https://www.nitrd.gov/nitrdgroups/images/6/6a/Cyber_Physical_Systems_%28CPS%29_Vision_Statement.pdf).
- [3] P. Hehenberger, B. Vogel-Heuser, D. Bradley, B. Eynard, T. Tomiyama, and S. Achiche, "Design, modelling, simulation and integration of cyber physical systems: Methods and applications," *Comput. Ind.*, vol. 82, pp. 273–289, Oct. 2016.
- [4] M. Schatz, B. et al., "Cyber-Physical European Roadmap and Strategy: Research Agenda and Recommendations for Action," 2015.
- [5] "Industry 4.0: the fourth industrial revolution - guide to Industrie 4.0." [Online]. Available: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>. [Accessed: 26-Feb-2019].
- [6] S. Chong, G. T. Pan, J. Chin, P. L. Show, T. C. K. Yang, and C. M. Huang, "Integration of 3D printing and industry 4.0 into engineering teaching," *Sustain.*, vol. 10, no. 11, 2018.
- [7] J. Carmigniani, B. Furht, M. Anisetti, P. Ceravolo, E. Damiani, and M. Ivkovic, "Augmented reality technologies, systems and applications," *Multimed. Tools Appl.*, vol. 51, no. 1, pp. 341–377, Jan. 2011.
- [8] R. T. Azuma, "A Survey of Augmented Reality," *Presence Teleoperators Virtual Environ.*, vol. 6, no. 4, pp. 355–385, Aug. 1997.
- [9] P. Milgram and F. KISHINO, "A taxonomy of mixed reality visual displays.," in *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 1994, vol. E77–D, no. 12, pp. 1321–1329.
- [10] J. Reis, R. Pinto, and G. Goncalves, "Human-centered application using cyber-physical production system," in *IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 2017, pp. 8634–8639.
- [11] T. Fernández-Caramés et al., "A Fog Computing and Cloudlet Based Augmented Reality System for the Industry 4.0 Shipyard," *Sensors*, vol. 18, no. 6, p. 1798, Jun. 2018.
- [12] I. (Ian) Gibson, D. W. (David W. . Rosen, and B. (Brent) Stucker, *Additive manufacturing technologies : 3D printing, rapid prototyping and direct digital manufacturing*. .
- [13] H. Lipson and M. Kurman, *Fabricated : the new world of 3D printing*. .
- [14] J. Loy, "eLearning and eMaking: 3D Printing Blurring the Digital and the Physical," *Educ. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 108–121, 2014.
- [15] P. Diegmann, M. Schmidt-Kraepelin, S. Van Den Eynden, and D. Basten, "Benefits of Augmented Reality in Educational Environments – A Systematic Literature Review," *12th Int. Conf. Wirtschaftsinformatik*, vol. 3, no. 6–2015, pp. 1542–1556, 2015.
- [16] P. Foster, "The Pros and Cons of VR as an Educational Tool | Digital Leaders." [Online]. Available: <https://digileaders.com/the-pros-and-cons-of-vr-as-an-educational-tool/>. [Accessed: 22-Mar-2019].
- [17] J. Childers, "Pros and Cons of VR, AR as Teaching Tools." [Online]. Available: <https://edgy.app/pros-and-cons-of-vr-ar-as-teaching-tools>. [Accessed: 22-Mar-2019].
- [18] C. Mercer, "How VR and AR could be used in education | Careers | Computerworld UK." [Online]. Available: <https://www.computerworlduk.com/careers/how-vr-ar-could-be-used-in-education-3653710/>. [Accessed: 22-Mar-2019].
- [19] M. Valero Garcia and J. J. Navarro Guerrero, "FAQ sobre la adaptación de asignaturas al EEES: docencia centrada en el aprendizaje del estudiante," *ReVisión*, vol. 1, no. 2, pp. 23–38, 2008.
- [20] C. Catalán, R. Lacuesta, and A. Hernández, "Cambio de modelos basados en la enseñanza a modelos basados en el aprendizaje. Una experiencia práctica," *Actas del Simp. Nac. Docencia en la Informática, SINDI2005*, vol. 2005, pp. 61–67, 2005.
- [21] "Raspberry Pi — Teach, Learn, and Make with Raspberry Pi." [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/>. [Accessed: 30-Mar-2019].
- [22] C. Catalán Cantero and A. Blesa Gascón, "Enseñanza de sistemas empotrados: de Arduino a Raspberry Pi," *Actas las XXII JENUI*, pp. 351–354, Jul. 2016.

**HEMEI: Nueva herramienta de evaluación de la experiencia de usuario para las interfaces humano-máquina**

Erik Aranburu, Ganix Lasa and Jon Kepa Gerrikagoitia.

**Abstract:** En esta nueva era de la industria inteligente, las interfaces humano-máquina (HMI) deben permitir que las personas empleen todo su conocimiento y habilidades para así explotar las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías. Ante esta situación, el diseño de la experiencia de usuario (UX) se presenta como un factor clave. No obstante, existe una gran carencia de métodos UX orientados al diseño y desarrollo de las interfaces industriales. Por consiguiente, se ha creado la herramienta HEMEI, un nuevo método de evaluación que permite evaluar los aspectos pragmáticos y experienciales de los HMIs desde la perspectiva experta del diseñador o desarrollador. En este artículo se presenta la herramienta y se describe un caso de estudio realizado en un contexto industrial real. Tras los resultados del estudio, se ha podido concluir que la herramienta ha permitido a todos los participantes identificar un número significativo de aspectos a mejorar en la interfaz evaluada. Esta evaluación y su posterior rediseño del HMI, además de aumentar la eficiencia de los procesos productivos, permitirá generar experiencias que aumenten la autonomía, competencia, cercanía, seguridad y estimulación de los operarios.

Notes/Notas:

# HEMEI: nueva herramienta de evaluación de la experiencia de usuario para las interfaces humano-máquina

Erik Aranburu  
Mondragon Unibertsitatea  
Loramendi 4, 20500 Arrasate  
earanburu@mondragon.edu

Ganix Lasa  
Mondragon Unibertsitatea  
Loramendi 4, 20500 Arrasate  
glasa@mondragon.edu

Jon Kepa Gerrikagoitia  
Ideko S. Coop.  
Arriaga Kalea, 2, 20870 Elgoibar  
jkgerrikagoitia@ideko.es

## ABSTRACT

En esta nueva era de la industria inteligente, las interfaces humano-máquina (HMI) deben permitir que las personas empleen todo su conocimiento y habilidades para así explotar las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías. Ante esta situación, el diseño de la experiencia de usuario (UX) se presenta como un factor clave. No obstante, existe una gran carencia de métodos UX orientados al diseño y desarrollo de las interfaces industriales. Por consiguiente, se ha creado la herramienta HEMEI, un nuevo método de evaluación que permite evaluar los aspectos pragmáticos y experienciales de los HMIs desde la perspectiva experta del diseñador o desarrollador. En este artículo se presenta la herramienta y se describe un caso de estudio realizado en un contexto industrial real. Tras los resultados del estudio, se ha podido concluir que la herramienta ha permitido a todos los participantes identificar un número significativo de aspectos a mejorar en la interfaz evaluada. Esta evaluación y su posterior rediseño del HMI, además de aumentar la eficiencia de los procesos productivos, permitirá generar experiencias que aumenten la autonomía, competencia, cercanía, seguridad y estimulación de los operarios.

## CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing** → **Human Computer Interaction (HCI)** → **HCI design and evaluation methods**

## KEYWORDS

Experiencia de usuario, método de evaluación, HMI, industria 4.0.

## 1 INTRODUCCIÓN

La nueva era de la industria 4.0 y su derivada transformación digital están cambiando la realidad de la interacción máquina-persona. Actualmente, esta interacción, generada habitualmente mediante las interfaces humano-máquina (HMI), va mucho más allá del mero control de las funciones de la máquina. Los HMIs de esta nueva realidad industrial deben ofrecer la oportunidad de visualizar los progresos durante los procesos de fabricación, mostrar instrucciones para actividades manuales, administrar las tareas productivas y dar soporte mediante una gestión integral a los cambios que puedan suceder a lo largo del proceso productivo. Sin embargo, para cumplir con dichas tareas y poder optimizar las

oportunidades que ofrecen las nuevas tecnologías inteligentes, es necesario mejorar la comunicación entre las máquinas y los usuarios. En esta nueva revolución de la industria, a pesar de la automatización, las personas seguirán siendo muy protagonistas y comenzarán a adoptar roles más estratégicos de toma de decisión y resolución de problemas. Para ello, las nuevas máquinas inteligentes deberán facilitar a los operarios emplear sus capacidades al máximo [1].

En este contexto, la experiencia de usuario presenta como uno de los ámbitos clave que mayor potencial muestra para crear nuevos entornos interactivos industriales centrados y adaptados a las necesidades de los usuarios. Entre otros aspectos, porque la experiencia de uso se podría considerar el campo donde mayor importancia adquiere el lado emocional del usuario. Lo cual, más allá de aumentar la eficiencia en la ejecución de tareas, generará emociones positivas en los operarios, influenciando en los procesos de aprendizaje, en la toma de decisiones y en el conocimiento e inteligencia [2]. Además, las emociones positivas pueden aumentar la motivación e implicación de los trabajadores [3]. Por consiguiente, el diseño de los HMI desde la perspectiva de la experiencia de usuario permitirá generar afecto, eficiencia, satisfacción y garantizar la mejora en los procesos de aprendizaje y toma de decisiones en sistemas tan complejos como los de la máquina-herramienta.

No obstante, hasta ahora la industria de la máquina-herramienta apenas ha empleado los conceptos del diseño centrado en el usuario y de la experiencia de usuario en sus desarrollos, a causa, en gran medida, por la falta de herramientas de evaluación que trasladen las investigaciones académicas y científicas a la realidad de la industria [4]. El ámbito científico y académico centra las investigaciones en métodos de la experiencia de usuario, teniendo en cuenta los factores más experienciales, como los aspectos hedónicos y emocionales. En la industria en cambio, los esfuerzos se focalizan en los aspectos más prácticos y funcionales de la experiencia de usuario, como la usabilidad, la novedad o el ciclo de vida.

Con el objetivo de cubrir dicha necesidad, Väänänen-Vainio-Mattila et al. [4] proponen una serie de requisitos para crear herramientas prácticas de evaluación aplicables en el sector industrial. Dichos requisitos, proponen crear herramientas rápidas y económicas para poder aplicarlas de forma fácil y en diferentes tipologías de proyectos.

Bajo los criterios mencionados y ante la carencia actual de métodos de evaluación experiencia de usuario (UX) en los

entornos de fabricación, se ha creado la herramienta HEMEI, una herramienta de evaluación experta para evaluar el UX en los HMIs industriales. La evaluación experta se basa exclusivamente en la experiencia y juicio del evaluador, sin la necesidad de realizar experimentaciones con usuarios. En este artículo se define la herramienta y se presenta un caso de estudio ejecutado con expertos del diseño y desarrollo de HMIs industriales.

## 2 ESTADO DEL ARTE DE LA EVALUACIÓN UX

Los enfoques y métodos para la evaluación de la experiencia de usuario durante los últimos años han sido muy variados, presumiblemente, a causa de la falta de consenso en la definición del concepto de la experiencia de usuario [5]. A continuación, se expone el análisis del enfoque de los métodos de evaluación del UX y la revisión de los métodos de evaluación experta.

### 2.1 Métodos de evaluación UX

Los métodos de evaluación en las interfaces digitales han estado tradicionalmente enfocados en los aspectos funcionales, donde el objetivo residía en valorar la usabilidad de los sistemas para facilitar la ejecución de tareas. Sin embargo, con la evolución del HCI hacia los factores emocionales y la experiencia de usuario, han surgido nuevos métodos y herramientas entre los profesionales de la temática. Pero, debido a la variedad de los enfoques en la definición de UX y a los continuos nuevos marcos teóricos, ha provocado que exista una gran diversidad de métodos y herramientas de evaluación.

Durante los últimos años, varios autores [6, 7, 8, 9, 10] han tratado de revisar los métodos que existen en la actualidad para la evaluación de la experiencia de usuario en interfaces digitales. Mediante dichas revisiones, tratan de identificar las dimensiones de la experiencia, el periodo de tiempo o fase de desarrollo en las que se centran las herramientas, para así poder identificar necesidades para futuras investigaciones.

Entre las mencionadas revisiones, Bevan [6] destaca la necesidad de trabajar aspectos tanto de usabilidad como de la experiencia de usuario, marcando los siguientes objetivos de evaluación: (i) optimizar el rendimiento de los usuarios y (ii) optimizar la satisfacción de los usuarios cumpliendo con los objetivos hedónicos y pragmáticos de los usuarios. Los aspectos pragmáticos se refieren a la usabilidad y funcionalidad del sistema. Los aspectos experienciales, por otro lado, están relacionados con los factores emocionales y subjetivos. Para el cumplimiento de dichos objetivos, Petrie y Bevan [11] definen diferentes categorías de métodos, donde destacan las evaluaciones centradas en el usuario, las evaluaciones conducidas por expertos o las verificaciones basadas en directrices o normas.

Del mismo modo, Vermeeren et al. [7] realizaron una revisión del estado de los métodos de evaluación de la experiencia de usuario y sus necesidades a trabajar. Tras la revisión, concluyeron que únicamente el 14% de los métodos se basaban en la perspectiva experta, visualizando la carencia de métodos de evaluación experta enfocados a la experiencia de usuario.

### 2.2 Métodos de evaluación experta

La perspectiva experta permite evaluar las características del sistema, como el contenido, la presentación o la funcionalidad y los atributos pragmáticos y hedónicos intencionados para el producto. A causa de su agilidad de ejecución y la ausencia de necesidad de evaluar con usuarios, el método experto tiene un rol clave en la evaluación de interfaces.

El método experto más utilizado es la evaluación heurística [12], donde los evaluadores emplean una serie de heurísticos o directrices para identificar diferentes problemas de usabilidad de las interfaces digitales. Esta evaluación se considera un método rápido, económico y fácil de utilizar [12], por ello se ajusta adecuadamente a los requisitos de evaluación de las empresas industriales. No obstante, los métodos de evaluación experta se han centrado tradicionalmente en los aspectos de usabilidad únicamente. Por ello, hoy en día, apenas existen métodos expertos que evalúen la experiencia de usuario.

A raíz de esta escasez de herramientas, en los últimos años se han creado nuevos métodos basados en la perspectiva experta. Väänänen-Vainio-Mattila et al. [13], Arhippainen [14] y Masip [15] desarrollaron nuevas adaptaciones de los heurísticos incorporando los conocimientos del UX.

Además de dichas adaptaciones, recientemente, Lallemand et al. [16] han elaborado un nuevo método de evaluación experta, basado en las necesidades psicológicas de las personas. Tal y como manifiesta Hassenzahl [17], el cumplimiento de las necesidades psicológicas es la principal causa de las experiencias positivas. Por tanto, en su método proponen valorar mediante una serie de criterios en qué medida logra cumplir el sistema dichas necesidades psicológicas. Tras varias experimentaciones, concluyeron que el método permitió a los expertos valorar el cumplimiento de las necesidades y por tanto evaluar la experiencia. Sin embargo, destacaron la dificultad para saber en qué aspectos se deben centrar a la hora de evaluar. Por tanto, proponen crear un método más guiado que, además de evaluar las necesidades psicológicas, tome en cuenta aspectos de funcionalidad y usabilidad del sistema.

Estas aproximaciones resultan novedosas dentro de los métodos de evaluación experta, por ello los autores proponen seguir investigando en la temática para verificar la validez de las aproximaciones para evaluar la experiencia de usuario de las interfaces digitales. Sin embargo, tal y como se ha mencionado anteriormente, cabe destacar que actualmente no existen métodos de evaluación de la experiencia de usuario para las particularidades de los HMIs industriales.

## 3 HEMEI

La nueva herramienta HEMEI se basa en la definición de una serie de aspectos o principios para la evaluación de los HMIs industriales desde la perspectiva experta. La herramienta permite evaluar los HMIs tomando en cuenta tanto los aspectos pragmáticos como los experienciales de la interacción.

Los principios se han definido bajo tres criterios principales: (i) heurísticos de usabilidad, (ii) las motivaciones o necesidades

HEMEI: nueva herramienta de evaluación de la experiencia de usuario para las interfaces humano-máquina

INTERACCIÓN 2019, June, 2019, Donostia, Gipuzkoa, Spain

psicológicas y (iii) experimentaciones previas y entrevistas con operarios.

### 3.1 Heurísticos de usabilidad

Se han definido aspectos basados en el trabajo de Lasa et al. [18], donde definen un total de 194 sub-heurísticos para la evaluación de la usabilidad de las interfaces digitales. Dichos sub-heurísticos están basados en los diversos estudios y de la propia experiencia de los profesionales participantes en el trabajo.

En la nueva herramienta HEMEI, se han empleado algunos de los sub-heurísticos precisados en el trabajo de Lasa et al. [18], pero adaptándolos a las características y particularidades de los HMIs industriales.

### 3.2 Necesidades psicológicas

Tal y como define el modelo de Hassenzahl [19], los usuarios perciben los productos interactivos en dos dimensiones, la dimensión pragmática y la hedónica. La evaluación pragmática está enfocada en la funcionalidad y usabilidad del producto en la ejecución de las tareas. La evaluación hedónica, en cambio, se basa en el cumplimiento de las necesidades psicológicas de los usuarios. Por ello, la nueva herramienta define aspectos de la interacción con los HMIs que puedan influir en el cumplimiento de las motivaciones o necesidades psicológicas. Siguiendo enfoques de otros autores como Lallemand et al. [16], entre las 10 necesidades descritas por Sheldon et al. [20], se han propuesto las siguientes necesidades o motivaciones para la herramienta HEMEI: autonomía, competencia, cercanía, seguridad y estimulación. En la Figura 1 se muestran los factores relacionados con dichas motivaciones en los entornos industriales.

### 3.3 Experimentaciones previas y entrevistas con operarios

Se han integrado los factores determinantes identificados en experimentaciones previas de evaluaciones de la experiencia en las interfaces industriales. Asimismo, se han realizado entrevistas con 3 operarios de HMIs industriales, con el fin de detectar experiencias críticas en su día a día en la interacción con la máquina y la causa de ellas, para así completar la herramienta HEMEI.

### 3.4 Descripción y contenido de la herramienta HEMEI

Mediante los tres criterios mencionados, se han descrito los aspectos pragmáticos y experienciales para la evaluación de los HMI. Dichos aspectos permiten seguir un método guiado durante la evaluación, lo cual facilita el proceso a los evaluadores. En total, se han definido 173 aspectos de evaluación, de los cuales 127 son

MOTIVACIONES	Descripción del enfoque de las motivaciones en HEMEI
<b>Autonomía</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realización de tareas de forma independiente, sin la ayuda y asesoramiento de terceros.</li> <li>- Posibilidad de controlar el ritmo de la interacción.</li> <li>- Libertad para personalizar la interacción.</li> </ul>
<b>Competencia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capaz, eficaz y cualificado para completar las tareas.</li> <li>- Realización de tareas de forma intuitiva.</li> <li>- Realización de tareas en el menor tiempo posible.</li> </ul>
<b>Cercanía</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atención del HMI para cumplir con los intereses de los operarios.</li> <li>- Anticipación del HMI a las necesidades del operario.</li> <li>- Comunicación cercana y amigable del HMI.</li> </ul>
<b>Seguridad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seguridad y sensación de estar en control de la situación.</li> <li>- Falta de amenazas e incertidumbres durante la ejecución de las tareas.</li> <li>- Confianza con el HMI.</li> </ul>
<b>Estimulación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estimulación de los sentidos al interactuar con el HMI.</li> <li>- Atracción con la estética del HMI.</li> <li>- Nuevas sensaciones al interactuar con el HMI.</li> </ul>

Figura 1: Descripción de las motivaciones en los entornos industriales

de carácter pragmático y 46 de carácter experiencial. Los aspectos se han agrupado en base a las funcionalidades principales de los HMIs. Los aspectos de evaluación se han dividido en 7 categorías, en base a las funcionalidades principales de los HMIs. Dichas categorías, se han definido según el criterio de los operarios entrevistados. En la Tabla 1, se exponen las 7 categorías principales, con sus respectivas descripciones y ejemplos de los aspectos definidos.

## 4 CASO DE ESTUDIO

El objetivo del estudio es validar la herramienta HEMEI para la evaluación de la experiencia de usuario en los HMIs industriales, valorando aspectos tanto pragmáticos como experienciales.

### 4.1 Hipótesis

La hipótesis por validar del presente estudio es el siguiente: la herramienta HEMEI permite evaluar los aspectos pragmáticos y experienciales de la interacción con los HMIs desde una perspectiva experta.

### 4.2 Procedimiento

Se ha enviado un email a cada participante con la explicación del procedimiento del caso de estudio y los recursos necesarios. Los



Tabla 1: Agrupación, descripción y ejemplos de los aspectos de evaluación

Funcionalidad	Descripción	Ejemplo de aspectos de evaluación
Introducción de parámetros	Aspectos relacionados a la introducción de los parámetros para la ejecución de las piezas <b>(25 aspectos)</b>	<b>Aspectos pragmáticos:</b> - Se muestra una información adicional de los parámetros mediante diferentes visualizaciones. - Se indican los máximos y mínimos de cada parámetro. <b>Aspectos experienciales:</b> - El proceso de introducción de parámetros resulta agradable. - Tengo la seguridad de que los parámetros se han enviado y guardado correctamente.
Ejecución	Aspectos relacionados con la muestra la información del estado de la ejecución <b>(13 aspectos)</b>	<b>Aspectos pragmáticos:</b> - La barra de progreso muestra el tiempo que lleva desde el inicio y cuánto falta por finalizar. - Permite accesos directos de la pantalla de ejecución para editar elementos del proceso. <b>Aspectos experienciales:</b> - Tengo el control de lo que está sucediendo en la máquina. - Puedo personalizar la información mostrada a mi manera.
Diagnóstico	Aspectos relacionados con la muestra de alarmas, errores y mantenimiento de la máquina <b>(19 aspectos)</b>	<b>Aspectos pragmáticos:</b> - Las alarmas o mensajes de error indican el motivo del error. - Las notificaciones ofrecen la oportunidad de acceder a más información u ocultarla momentáneamente. <b>Aspectos experienciales:</b> - El mensaje aporta seguridad y reduce la sensación de inquietud. - El sistema emplea un lenguaje cercano y siento que trata de ayudarme.
Gestión de ficheros	Aspectos relacionados con la gestión de ficheros como las piezas, herramientas u operaciones <b>(28 aspectos)</b>	<b>Aspectos pragmáticos:</b> - Se mantiene siempre un mismo procedimiento para la creación y edición de ficheros. - Permite agrupar los elementos de una lista. <b>Aspectos experienciales:</b> - Muestra visualizaciones que además de facilitar el proceso me estimulan. - Me siento capaz de editar/crear ficheros con facilidad.
Navegación	Aspectos relacionados con la navegación entre los elementos y las pantallas de los HMIs <b>(26 aspectos)</b>	<b>Aspectos pragmáticos:</b> - El menú de navegación está presente en todas las pantallas. - La aplicación es amplia y sencilla en vez de un menú profundo. <b>Aspectos experienciales:</b> - La navegación entre pantallas resulta fluida y agradable. - La navegación y el modo en el que se interactúa está adaptado a mis hábitos y tareas del día a día.
GUI	Aspectos relacionados con la interfaz gráfica de los HMIs <b>(44 aspectos)</b>	<b>Aspectos pragmáticos:</b> - La estética es consistente en el HMI. - Muestra de forma clara qué elementos son pulsables. <b>Aspectos experienciales:</b> - La aplicación me resulta atractiva. - La información visualizada me resulta comprensible y soy capaz de utilizarla para la ejecución de tareas.
General	Aspectos generales de la interacción con los HMIs <b>(19 aspectos)</b>	<b>Aspectos pragmáticos:</b> - La confirmación del operario es requerida antes de llevar a cabo una acción potencialmente peligrosa. - La terminología del HMI no es ambigua ni específica de una región. <b>Aspectos experienciales:</b> - Siento seguridad durante la ejecución de tareas mediante feedbacks continuos tras realizar mis acciones. - Se emplea un lenguaje cercano y el sistema trata de ayudarme y anticiparse a mis necesidades.

HEMEI: nueva herramienta de evaluación de la experiencia de usuario para las interfaces humano-máquina

participantes, de forma autónoma, han procedido a la evaluación del HMI mediante la herramienta HEMEI, valorando el cumplimiento de cada aspecto definido. Para ello, los participantes han evaluado cada aspecto bajo los términos “sí”, “no” y “no procede”. Este último término se ha empleado para casos en los que el aspecto no podía ser valorado en la aplicación del estudio.

Durante el proceso, los participantes han podido interactuar con la aplicación. Finalmente, se han recogido las evaluaciones para su posterior análisis de los resultados.

Aunque la aplicación evaluada originalmente está destinada a las interfaces propias de las máquinas, con el fin de facilitar el proceso de evaluación, se ha empleado una aplicación simulada para su uso en PC. Por lo tanto, la evaluación no se ha realizado en contexto real de fabricación, sino que se ha ejecutado en las oficinas de las respectivas empresas.

### 4.3 Participantes

La herramienta HEMEI está orientada a diseñadores y programadores de interfaces digitales, que puedan ser partícipes de un proceso de diseño y desarrollo de un HMI industrial. Por consiguiente, este estudio se ha procedido con 18 participantes (50% hombres y 50% mujeres) de los siguientes dos perfiles: diseñadores UX (N=11) y desarrolladores de software (N=7).

### 4.4 HMI evaluado

Se ha analizado la interfaz de DoGrind [21], un software para rectificadoras desarrollado por la empresa Danobatgroup S. Coop. Está diseñado para programar y ejecutar piezas, a través de las cuales los empleados pueden controlar todo el proceso. Mediante esta aplicación, los operarios pueden crear y editar herramientas, añadir operaciones y enviar piezas a ejecutar.

La evaluación se ha realizado mediante una aplicación simulada del HMI, por lo que algunas de las funcionalidades del Dogrind han sido limitadas. Al no estar conectada a la máquina, los datos de ejecución y las alarmas no se han podido visualizar. Por lo tanto, en este estudio

se han evaluado 141 aspectos, de los cuales 108 son pragmáticos y 33 experienciales (no se han evaluado las categorías Ejecución y Diagnóstico).

### 4.5 Resultados

Los participantes han sido capaces de detectar, de media, un total de 70 aspectos a mejorar (s=14). De los 18 participantes, todos ellos han sido capaces de detectar un mínimo de 46 aspectos a mejorar, tal y como se refleja en la Figura 2.

Entre los participantes del perfil de diseñador, la media de aspectos a mejorar detectados es mayor ( $\bar{x}=72$ ) en comparación con los desarrolladores ( $\bar{x}=67$ ). Sin embargo, la desviación entre los diseñadores (s=16) es también mayor que entre los desarrolladores (s=12).

En cuanto al carácter de los aspectos, se puede observar que, de media, los participantes han considerado que la aplicación no

INTERACCIÓN 2019, June, 2019, Donostia, Gipuzkoa, Spain

cumple con 46 de los 108 aspectos pragmáticos (42%). Respecto a los aspectos experienciales, los participantes han considerado que

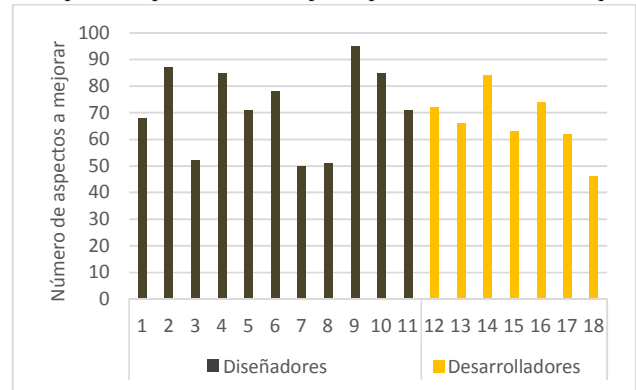


Figura 2: Número de aspectos a mejorar identificados por los diseñadores y desarrolladores

24 de los 33 aspectos experienciales deben mejorar (74%). Entre los dos perfiles, los diseñadores han detectado de media 47 aspectos pragmáticos (s=12,2) y 25 aspectos experienciales (s=4,7). Los desarrolladores, en cambio, han identificado 43 aspectos pragmáticos (s=8,6) y 23 experienciales (s=3,6).

Por último, las mujeres, de media, han identificado más aspectos a valorar ( $\bar{x}=74$ ) en comparación con los hombres ( $\bar{x}=66$ ).

## 5 DISCUSIÓN

Como se ha podido observar en los resultados, mediante la herramienta HEMEI, todos los participantes han sido capaces de detectar un número significativo de aspectos que se deberían mejorar en la aplicación evaluada.

En cuanto a los perfiles del estudio, la media de aspectos identificados de los diseñadores y desarrolladores ha sido muy similar (diseñadores  $\bar{x}=72$ ; desarrolladores  $\bar{x}=67$ ), lo cual muestra que la herramienta está adaptada a los conocimientos de ambos perfiles y que no se emplea un lenguaje dirigido a perfiles muy concretos. Sorprendentemente, a pesar de ser una herramienta basada en los conocimientos del diseño, la desviación entre los desarrolladores ha sido menor, lo cual parece indicar que se ajusta correctamente a sus perspectivas a la hora de evaluar.

Por otro lado, los resultados muestran que casi la mitad de los aspectos pragmáticos (42%) y el 75% de los experienciales deben ser mejorados. Por lo tanto, se puede concluir que la aplicación Dogrind cumple mejor con los aspectos funcionales y de usabilidad que con los hedónicos. De hecho, el número tan bajo de aspectos experienciales valorados positivamente manifiesta de forma significativa la necesidad de mejorar la aplicación y la experiencia que genera a los usuarios.

En cuanto al género, a pesar de que la media de aspectos identificados de las mujeres ha sido mayor ( $\bar{x}=74$ ) que la de los hombres ( $\bar{x}=66$ ), únicamente una de las mujeres pertenecía al perfil de los desarrolladores. Por tanto, no se pueden extraer

conclusiones significativas sobre el género, ya que puede estar influenciado por el perfil.

Por último, durante el proceso de evaluación, los participantes no han tenido mayores dificultades a la hora de comprender los aspectos definidos. Aunque, en ocasiones, identificar los elementos necesarios para evaluar algunos de los requisitos les ha resultado costoso.

## 6 CONCLUSIONES

Este artículo presenta una nueva herramienta de evaluación experta orientada al diseño y desarrollo de los HMIs industriales, denominada HEMEI. Además, muestra un caso de estudio con una aplicación de la empresa Danobatgroup S. Coop. con expertos diseñadores y desarrolladores de interfaces industriales.

Esta nueva herramienta proporciona un nuevo método para evaluar los aspectos pragmáticos y experienciales de los HMIs industriales, cubriendo la carencia de herramientas detectada en el estudio del estado del arte. Asimismo, muestra un método guiado que facilita a los expertos detectar los elementos a analizar para evaluar cada aspecto.

Este proceso basado en requisitos permite cuantificar el resultado de la evaluación y medir el grado en el que se mejora la experiencia de usuario que proporciona la aplicación. De esta manera, la aplicación de la herramienta en el sector industrial facilitará la creación de nuevos HMIs que, además de optimizar la eficiencia de los procesos productivos, generarán emociones positivas en los operarios, aumentado su autonomía, competencia, seguridad, cercanía y estimulación.

La herramienta HEMEI permite evaluar una aplicación de forma rápida e implica pocos recursos en comparación con herramientas habituales centradas en los usuarios. Dichas herramientas requieren sesiones individualizadas con diferentes participantes y el posterior análisis de cada uno de ellos, lo cual exigiría un aumento significativo del tiempo de ejecución, en comparación con una evaluación única llevada a cabo por el propio desarrollador. Por consiguiente, la herramienta HEMEI se ajusta adecuadamente a los requisitos definidos por Väänänen-Vainio-Mattila et al. (2008), sobre cómo aplicar herramientas de evaluación en el sector industrial.

Asimismo, tal y como se ha reflejado en el caso de estudio, la herramienta ha posibilitado evaluar aspectos tanto pragmáticos como experienciales del HMI desde la perspectiva experta. De este modo, se ha podido validar la hipótesis definida.

Finalmente, como línea futura, se tratará de identificar los aspectos más críticos en los diseños de los HMIs, y establecer una escala de valoración para determinar la criticidad de cada aspecto. Asimismo, se pretende integrar la herramienta HEMEI en el proceso de diseño y desarrollo de HMIs en una empresa industrial. Para ello, se tratará de optimizar la herramienta para facilitar su adaptación a los requerimientos de la empresa.

## REFERENCIAS

- [1] D. Gorecky, M. Schmitt, M. Loskyll, and D. Zuhlke, "Human-machine-interaction in the industry 4.0 era," in *2014 12th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, 2014, pp. 289–294.
- [2] R. J. Davidson, J. Kabat-Zinn, J. Schumacher, M. Rosenkranz, D. Muller, S. F.

- Santorelli, F. Urbanowski, A. Harrington, K. Bonus, and J. F. Sheridan, "Alterations in brain and immune function produced by mindfulness meditation," *Psychosom. Med.*, vol. 65, no. 4, pp. 564–570, 2003.
- [3] A. M. Isen, "An influence of positive affect on decision making in complex situations: Theoretical issues with practical implications," *J. Consum. Psychol.*, vol. 11, no. 2, pp. 75–85, 2001.
- [4] K. Väänänen-Vainio-Mattila, V. Roto, and M. Hassenzahl, "Towards practical user experience evaluation methods," *Meaningful Meas. Valid Useful user Exp. Meas.*, pp. 19–22, 2008.
- [5] C. Lallemand, G. Gronier, and V. Koenig, "User experience: A concept without consensus? Exploring practitioners' perspectives through an international survey," *Comput. Human Behav.*, vol. 43, no. November 2016, pp. 35–48, 2015.
- [6] N. Bevan, "What is The Difference Between The Purpose of Usability and User Experience Evaluation Methods?," *Interact 2009*, no. August, pp. 1–4, 2009.
- [7] A. P. O. S. Vermeeren, E. L.-C. Law, V. Roto, M. Obrist, J. Hoonhout, and K. Väänänen-Vainio-Mattila, "User experience evaluation methods: current state and development needs," in *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries*, 2010, pp. 521–530.
- [8] J. A. Bargas-Avila and K. Hornbæk, "Old wine in new bottles or novel challenges: a critical analysis of empirical studies of user experience," in *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*, 2011, pp. 2689–2698.
- [9] R. Alves, P. Valente, and N. J. Nunes, "The state of user experience evaluation practice," *Proc. 8th Nord. Conf. Human-Computer Interact. Fun, Fast, Found. - Nord. '14*, 2014.
- [10] I. Pettersson, F. Lachner, A.-K. Frison, A. Riener, and A. Butz, "A Bermuda Triangle?-A Review of Method Application and Triangulation in User Experience Evaluation," 2018.
- [11] H. Petrie and N. Bevan, "The evaluation of accessibility, usability and user experience," *Univers. Access Handb.*, pp. 299–315, 2009.
- [12] J. Nielsen, "Enhancing the explanatory power of usability heuristics," in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, 1994, pp. 152–158.
- [13] K. Väänänen-vainio-mattila and M. Wäljas, "Developing an Expert Evaluation Method for User eXperience of Cross-Platform Web Services," pp. 162–169, 2009.
- [14] L. Arhippainen, "A Tutorial of Ten User Experience Heuristics," *Proc. Int. Conf. Mak. Sense Converging Media - Acad. '13*, pp. 336–337, 2013.
- [15] L. Masip Ardévol, "User experience methodology for the design and evaluation of interactive systems," *TDX (Tesis Dr. en Xarxa)*, 2013.
- [16] C. Lallemand, V. Koenig, and G. Gronier, "How relevant is an expert evaluation of user experience based on a psychological needs-driven approach?," *Proc. 8th Nord. Conf. Human-Computer Interact. Fun, Fast, Found. - Nord. '14*, no. October, pp. 11–20, 2014.
- [17] M. Hassenzahl, "Experience design: Technology for all the right reasons," *Synth. Lect. human-centered informatics*, vol. 3, no. 1, pp. 1–95, 2010.
- [18] G. Lasa Erle, I. González Ochoantesana, D. Reguera Bakhache, and U. Etxebeste Larrañaga, "UXER: Nueva herramienta para la evaluación heurística de la experiencia en entornos interactivos digitales," 2017.
- [19] M. Hassenzahl, "The thing and I: understanding the relationship between user and product," in *Funology 2*, Springer, 2018, pp. 301–313.
- [20] K. M. Sheldon, A. J. Elliot, Y. Kim, and T. Kasser, "What Is Satisfying About Satisfying Events? Testing 10 Candidate Psychological Needs," *J. Pers. Soc. Psychol.*, vol. 80, no. 2, pp. 325–339, 2001.
- [21] Danobatgroup S.Coop., "DoGrind." 2012.

**Session 5A: Development and Design Methods II  
(Spanish)**





**Generación automática de interfaces de usuario para sistemas CSCL: Una propuesta de Desarrollo Dirigida por Modelos con tecnología Eclipse**

Yoel Arroyo, Ana Isabel Molina, Miguel Ángel Redondo and Carmen Lacave.

**Abstract:** The user interface is a fundamental part of any system, being essential to make a correct and adequate design that meets the end user needs. This paper describes a new model-driven development process for the specification, validation and automatic generation of user interfaces for CSCL (Computer-Supported Collaborative Learning) systems. The proposed method is technologically supported by a graphical editor based on the Eclipse platform, called Learn-CIAT. The main novelty of this work is that it introduces a guided design process that focuses on providing an adequate support to awareness and pedagogical usability aspects. In addition, we believe that using a development approach of this kind allows for a faster, cheaper and more straightforward process than the usual ad-hoc developments.

Notes/Notas:



# Generación automática de interfaces de usuario para sistemas CSCL: una propuesta de Desarrollo Dirigida por Modelos con tecnología Eclipse

Yoel Arroyo<sup>†</sup>

Universidad de Castilla-La Mancha  
Paseo de la Universidad, 4  
13071, Ciudad Real, España  
Yoel.Arroyo@uclm.es

Ana I. Molina

Universidad de Castilla-La Mancha  
Paseo de la Universidad, 4  
13071, Ciudad Real, España  
AnaIsabel.Molina@uclm.es

Miguel Á. Redondo

Universidad de Castilla-La Mancha  
Paseo de la Universidad, 4  
13071, Ciudad Real, España  
Miguel.Redondo@uclm.es

Carmen Lacave

Universidad de Castilla-La Mancha  
Paseo de la Universidad, 4  
13071, Ciudad Real, España  
Carmen.Lacave@uclm.es

## ABSTRACT

The user interface is a fundamental part of any system, being essential to make a correct and adequate design that meets the end user needs. This paper describes a new model-driven development process for the specification, validation and automatic generation of user interfaces for CSCL (*Computer-Supported Collaborative Learning*) systems. The proposed method is technologically supported by a graphical editor based on the Eclipse platform, called Learn-CIAT. The main novelty of this work is that it introduces a guided design process that focuses on providing an adequate support to awareness and pedagogical usability aspects. In addition, we believe that using a development approach of this kind allows for a faster, cheaper and more straightforward process than the usual *ad-hoc* developments.

## CSS CONCEPTS

• Software and its engineering • Software system structures • Software system models • Model-driven software engineering

## KEYWORDS

MBUID, user interfaces, CSCL, awareness, pedagogical usability

## 1 Introducción

Entre las preocupaciones de la Interacción Persona-Ordenador (IPO) se encuentra la creación de interfaces de usuario útiles, efectivas, eficientes y usables [1]. Una interfaz de usuario mal diseñada (que incumpla los principios de esta disciplina) puede producir una reducción en la productividad, así como un aumento en el tiempo de aprendizaje y en el número de errores cometidos por el usuario. Como respuesta a esta problemática, y desde la IPO, se proponen y desarrollan herramientas y técnicas que permitan a los usuarios conseguir sistemas informáticos adecuados a sus necesidades. Una de las técnicas que mayor interés despierta es el desarrollo de interfaces de usuario basado en modelos (*Model-Based User Interface Development, MBUID*) [2,3], mediante el cual, partiendo de una especificación de alto nivel es posible generar sus interfaces de usuario de manera automática o semi-automática. El empleo de modelos conceptuales como artefactos de

entrada permite identificar, organizar y razonar sobre los componentes y el comportamiento del sistema interactivo, propiciando un proceso de diseño más guiado [2], y preservando la independencia del contexto concreto en la que la aplicación vaya a operar (dispositivo, plataforma, etc.) [4].

Este trabajo pretende aplicar los principios del MBUID para abordar una problemática que, hasta ahora, no ha sido abordada de forma integral en la literatura: el desarrollo de sistemas CSCL siguiendo un enfoque basado en modelos. Existen varias aproximaciones de desarrollo MBUID de interfaces individuales y colaborativas sencillas, pero ninguna que aborde el desarrollo de interfaces colaborativas de soporte al aprendizaje, y menos aún que contemple de forma adecuada y completa aspectos de *awareness* [5,6] y de usabilidad, no sólo tecnológica sino pedagógica [1,7]. Este artículo introduce, como respuesta a esta necesidad, una nueva propuesta metodológica de soporte al desarrollo y generación automática de sistemas CSCL [8] que tenga en cuenta todos estos aspectos.

Este artículo se organiza de la siguiente manera. La sección 2 describe un conjunto de trabajos previos relacionados con la propuesta presentada, tales como notaciones, heurísticas de diseño y validación, y una serie de herramientas y lenguajes de desarrollo basado en modelos en el marco de la plataforma Eclipse. La sección 3 introduce la aproximación metodológica propuesta, describiendo sus etapas y componentes, así como los procesos que propone, para el diseño y generación de sistemas CSCL. Por último, se enumera una serie de conclusiones derivadas de la realización de este trabajo.

## 2 Trabajos previos

Una rama de interés en el área del desarrollo de sistemas interactivos es el desarrollo de sistemas *groupware*. Es decir, el diseño, especificación e implementación de sistemas de trabajo en grupo soportado por computador o CSCW (*Computer-Supported Collaborative Work*). En la literatura existen varias propuestas que abordan el modelado conceptual de este tipo de sistemas, como las notaciones RML, TaskMODL y DiaMODL, propuestas por Traetteberg [9], la notación TOUCHE [10] o una extensión de la notación UML, denominada COMO-UML [11]. Sin embargo, una revisión de estas y otras notaciones y técnicas [12] permitió detectar

ciertas deficiencias en el modelado de los aspectos colaborativos de los sistemas, así como la ausencia de propuestas que aunaran aspectos de modelado de la colaboración con sus aspectos más interactivos. De esta forma, y ante la necesidad de contar con un método sistemático que guiara a los ingenieros en el proceso de creación de interfaces de usuario para aplicaciones CSCW, se propuso el marco metodológico CIAM (*Collaborative Interactive Applications Methodology*) [13] y su notación correspondiente, CIAN (*Collaborative Interactive Applications Notation*) [14].

Este trabajo se centra en el diseño de un tipo particular de sistemas colaborativos, los sistemas de soporte al aprendizaje en grupo soportado por computador (CSCL). En este caso, a la ya compleja tarea de diseñar sistemas CSCW [15], se añade la componente relacionada con el aprendizaje, que dificulta aún más el proceso de especificación, implementación y validación de los mismos [16]. Como solución a esta problemática, los autores de este trabajo propusieron la notación Learn-CIAN [17], que supone una evolución y adaptación de la notación CIAN al diseño y especificación de flujos de actividades de aprendizaje. Learn-CIAN es una simplificación y mejora de algunos aspectos de su predecesora (CIAN). Así, el modelado de las actividades, por ejemplo, se ha visto enriquecido, permitiendo distinguir distintas modalidades de aprendizaje (presencial, *online* o soportada por computador) y su tipo, de acuerdo a la taxonomía propuesta por Conole [18]. Conole propone una taxonomía que intenta considerar todos los aspectos y factores involucrados en el desarrollo de una actividad de aprendizaje, desde el contexto pedagógico en el que se desarrolla la actividad, hasta la naturaleza y los tipos de tareas llevadas a cabo por el alumno para lograr los resultados de aprendizaje previstos. En concreto, Conole clasifica las actividades de aprendizaje en seis tipos o áreas diferentes (Tabla 1).

Learn-CIAN se encuentra, pues, preparada para soportar el diseño de flujos de actividades de aprendizaje en el marco de sistemas CSCL. Sin embargo, esta notación sigue sin contemplar aspectos relacionados con el *awareness* (característico en el diseño de sistemas colaborativos síncronos), ni aspectos de la llamada *usabilidad pedagógica* (característica de los sistemas de aprendizaje). Según Dourish y Belloti [5], el *awareness* se define como el conocimiento y la percepción que se tiene del grupo de trabajo y de su actividad. Su principal objetivo es, por tanto, reducir el esfuerzo necesario en la realización de actividades en grupo. Entre los trabajos que apliquen los principios del MBUID y que contemplen aspectos de *awareness*, destaca el método de desarrollo de sistemas de modelado colaborativo, SpacEclipse [19], soportado tecnológicamente en forma de *plug-in* de Eclipse. SpacEclipse permite generar, a través de un proceso semi-automático, y dirigido por modelos, sistemas colaborativos síncronos de modelado adaptados a cualquier dominio o tipo de diagrama. Para ello incorpora una serie de marcos conceptuales que contiene, entre otras cosas, un conjunto bastante amplio de componentes de *awareness* (telepunteros, vistas de radar, paneles de sesión, etc.) [20,21], que se considera necesario actualizar y contemplar en la propuesta presentada.

**Tabla 1: Clasificación de actividades propuesta por Conole**

Tipo	Descripción
Asimilativas	Actividades pasivas: leer, ver y oír
Gestión de información	Actividades de búsqueda, recogida, y contraste de información a través de texto, audio o vídeo
Aplicación	Actividades en la que los alumnos usan algún <i>software</i> de modelado o simulación para poner en práctica sus conocimientos
Comunicativas	Actividades de carácter dialogante, en las que se solicita a los alumnos presentar información, discutir, debatir, etc.
Productivas	Actividades de carácter activo, en las que se genera algún artefacto, como un manuscrito, un programa informático, etc.
Experienciales	Actividades de carácter práctico, para la mejora de habilidades o destrezas en un contexto determinado

La integración de la notación Learn-CIAN con una versión actualizada de SpacEclipse (que contemplara más tareas, aparte de la de modelado), permitiría generar automáticamente sistemas CSCL con un adecuado soporte al *awareness* y plenamente funcionales. Aún así, se considera que quedarían todavía por cubrir los aspectos más relacionados con el aprendizaje, la llamada *usabilidad pedagógica* de los sistemas a generar. El propósito de la *usabilidad pedagógica* no es el de calificar un material didáctico como “bueno” o “malo”, sino ayudar a los usuarios a elegir la alternativa más adecuada para cada situación de aprendizaje concreta [7,22]. Por tanto, se considera que la notación Learn-CIAN debería incluir también una serie de componentes o heurísticas de aprendizaje que pudieran verse reflejadas en los sistemas CSCL generados. Entre los trabajos existentes que ayudan a cumplir este objetivo destaca el *framework* MoLEF (*Mobile Learning Evaluation Framework*) [23]. MoLEF es un *framework* para el diseño y evaluación de aplicaciones móviles de aprendizaje (*Mobile Learning* o *m-learning*), que propone una serie de dimensiones y sub-dimensiones para el diseño y evaluación de los factores de usabilidad que debe soportar este tipo de aplicaciones. En las dimensiones de más alto nivel, el *framework* realiza una distinción entre *usabilidad tecnológica* (la de la interfaz de usuario, centrada en factores de computación móvil) y *usabilidad pedagógica* (la que incluye criterios relacionados con factores de aprendizaje). Puesto que el objetivo de este trabajo es el de generar sistemas CSCL de escritorio, sólo se considerará esta última dimensión, ya que puede aplicarse a cualquier sistema de aprendizaje y no sólo a sistemas *m-learning*.

El *framework* MoLEF divide la dimensión *usabilidad pedagógica* en cinco sub-dimensiones: contenido, interacción social, tareas o actividades, personalización y multimedia, que, a su vez, se encuentran divididas en una serie de criterios. Estos criterios se encuentran recogidos en un instrumento de evaluación (un cuestionario) llamado CECAM (*Cuestionario de Evaluación de la Calidad de Aplicaciones M-learning*). Este cuestionario consta de un total de 56 ítems, 29 de los cuales se refieren a la usabilidad pedagógica. Dichos ítems pueden ser utilizados como heurísticas para guiar el diseño de sistemas *m-learning*, o como *checklist* de evaluación. Además, CECAM ha sido objeto de un refinamiento en el que se ha analizado su validez y su fiabilidad [24], de manera que puede considerarse un instrumento bastante fiable. A modo de ejemplo, se muestran algunos de estos ítems, en particular, los correspondientes a la sub-dimensión interacción social.



**Tabla 2: Criterios de la interacción social de MoLEF**

Interacción social	
S1	El sistema de aprendizaje permite a los alumnos trabajar colaborativamente
S2	El sistema de aprendizaje permite comunicarse con otros usuarios (chat, e-mail, foro, etc.)
S3	El sistema de aprendizaje permite compartir información (fotos, videos o documentos relacionados con la tarea)
S4	El sistema de aprendizaje motiva la competitividad entre los usuarios (logros, puntuación, etc.)

## 2.1 Soporte tecnológico al desarrollo basado en modelos en el marco de Eclipse

La notación Learn-CIAN se encuentra soportada tecnológicamente por el editor gráfico Learn-CIAT (Figura 2) [17], creado sobre la plataforma Eclipse. Como todo editor gráfico de Eclipse, está compuesto por un *canvas* (área de dibujo) y una paleta que contiene los nodos y relaciones que pueden arrastrarse e instanciarse sobre él, en el diseño de cada nuevo diagrama. Su creación ha sido posible gracias al uso del conjunto de tecnologías y lenguajes de desarrollo dirigido por modelos propuesto por Eclipse. Eclipse ofrece su propia implementación para soportar este tipo de desarrollos, en el marco de los proyectos *Eclipse Modeling Project* (EMP), *Graphical Modeling Project* (GMP), y el más reciente proyecto *Epsilon*, que surge como extensión de los dos anteriores. Cada uno de estos proyectos incorpora una serie de *frameworks*, tecnologías y lenguajes que facilitan la creación y mantenimiento de modelos, y la generación automática de código a partir de los mismos. Entre los *frameworks* más importantes se encuentran el *Eclipse Modeling Framework* (EMF)<sup>1</sup> y el *Graphical Modeling Framework* (GMF)<sup>2</sup>, correspondientes a los proyectos EMP y GMP respectivamente, y base de cualquier proceso de desarrollo dirigido por modelos sobre Eclipse.

Learn-CIAT, sin embargo, ha sido desarrollado usando la tecnología *Eugenia* [25], perteneciente al proyecto *Epsilon*. El proyecto *Epsilon* surge con la clara intención de simplificar la complejidad del proceso de desarrollo de editores gráficos soportado por EMF y GMF, en el que los desarrolladores se veían obligados a crear y mantener manualmente un conjunto de modelos de bajo nivel interconectados entre sí, con la dificultad extra que esto conlleva. Como solución, *Eugenia* propone la definición de un único modelo codificado en lenguaje *Emfatic*<sup>3</sup>, que es capaz de generar automáticamente dicho conjunto de modelos y, a partir de los mismos, el código correspondiente al editor gráfico que se desea obtener. Este *framework* incorpora, además, una serie de lenguajes de alto nivel que permiten, entre otras cosas, consultar o validar los modelos, y realizar transformaciones modelo-a-modelo (M2M) y modelo-a-texto (M2T), a partir de los mismos. Para cubrir ambos aspectos en el marco de este trabajo, se hizo uso de los lenguajes: *Epsilon Validation Language* (EVL)<sup>4</sup>, como lenguaje para la

validación de diagramas, y *Epsilon Generation Language* (EGL)<sup>5</sup>, como lenguaje de transformación *modelo-a-texto*.

En la siguiente sección se describe el proceso de diseño y generación de las interfaces de sistemas CSCL propuesto, sus etapas, y cómo el conjunto de componentes, tecnologías y lenguajes descritos intervienen en el mismo.

## 3 Proceso de generación de interfaces de usuario de sistemas CSCL

La base del proceso de desarrollo presentado es el editor gráfico Learn-CIAT [17]. Mediante su uso, los diseñadores podrán modelar las principales características de los sistemas CSCL, y generar de forma automática sus interfaces de usuario. Para ello, los usuarios deben seguir una secuencia de pasos pre-establecidos (Figura 1), que permiten especificar desde una descripción informal del sistema, en la cual se sienten las bases y objetivos de aprendizaje del mismo, hasta una descripción más detallada de los aspectos a incluir en la interfaz de usuario final. El proceso completo consta de las siguientes cinco etapas:

- **Etapas 1: Especificación de la organización, objetivos de aprendizaje y dominio.** Como primer paso, el diseñador del sistema CSCL deberá realizar un análisis etnográfico, para conocer mejor a los usuarios finales a los que el sistema estará dirigido, y concretar los *objetivos de aprendizaje* que se desean alcanzar. A continuación, deberá especificar el *sociograma u organigrama* del sistema, es decir, los usuarios que intervienen, sus roles y si trabajarán/aprenderán individualmente o en grupo. Finalmente, el diseñador deberá definir y establecer el dominio sobre el que se desea trabajar. Para ello, deberá generar un boceto en el que se vea reflejado el flujo de trabajo de un curso determinado, es decir, el conjunto de actividades de aprendizaje de los que consta y su orden o secuencia. Este flujo de actividades será el que contenga, si el diseñador lo estima oportuno, actividades de aprendizaje en grupo soportadas por computador, que son las utilizadas para iniciar el proceso de generación automática de los sistemas.
- **Etapas 2: Modelado de procesos de aprendizaje.** En esta fase el usuario deberá trasladar a formato digital las especificaciones de la etapa anterior, es decir, deberá generar un diagrama usando el editor Learn-CIAT, que contenga un sociograma, el *diagrama de procesos de aprendizaje* en Learn-CIAN y añadir las características de *usabilidad pedagógica* (propuesta en MoLEF) que considere oportunas.

<sup>1</sup> EMF. <https://www.eclipse.org/modeling/emf/>

<sup>2</sup> GMF. <https://www.eclipse.org/modeling/gmf/>

<sup>3</sup> Emfatic. <https://www.eclipse.org/epsilon/doc/articles/emfatic/>

<sup>4</sup> EVL. <https://www.eclipse.org/epsilon/doc/evl/>

<sup>5</sup> EGL. <https://www.eclipse.org/epsilon/doc/egl/>

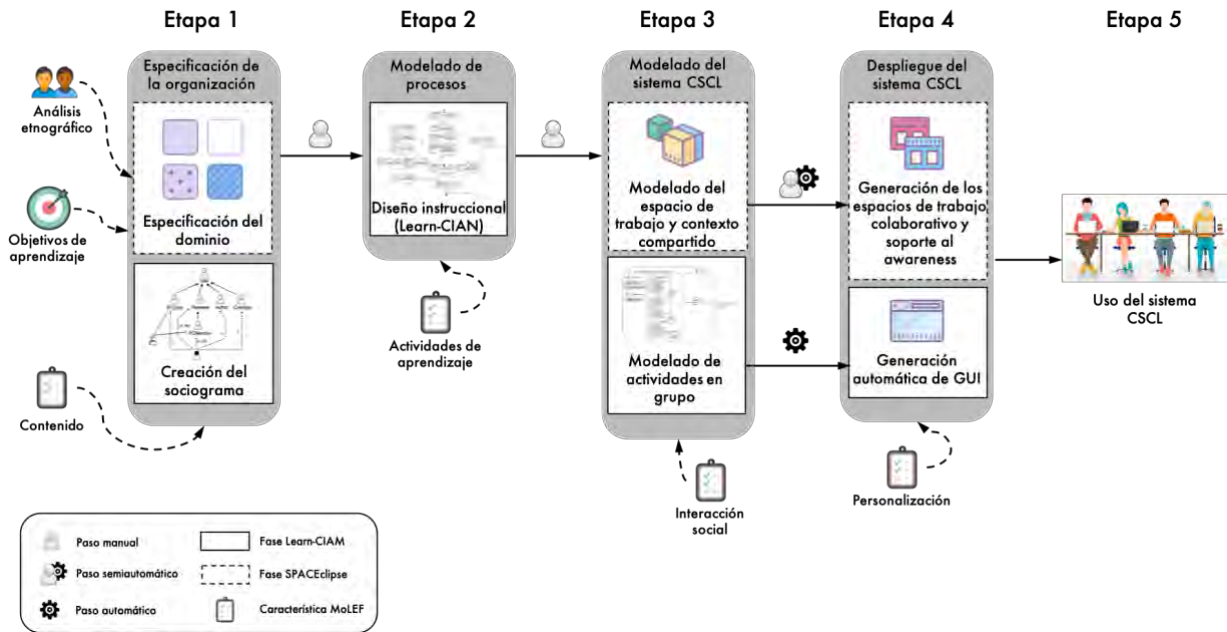


Figura 1: Propuesta para la creación y generación de sistemas CSCL

- Etapa 3: Modelado de actividades de aprendizaje en grupo. Antes de proceder a la generación de los sistemas CSCL finales, primero se debe definir una actividad en grupo soportada por computador. El editor Learn-CIAN incorpora un módulo/sección en la paleta llamado *Learning-Design* (Figura 2) que contiene los nodos y relaciones necesarios para instanciar y configurar dichas actividades, así como el espacio de trabajo colaborativo y su contexto de trabajo, permitiendo seleccionar las *herramientas* y componentes de *awareness* (propuestos en SpacEclipse) que considere oportunos. Así, por ejemplo, se podría modelar una tarea de soporte a la edición de programas en grupo (por ejemplo, un editor de código Java colaborativo), al que se le puede incorporar un *panel de sesión*, en el que consultar los usuarios que se encuentran conectados a la sesión, y un *chat*, para soportar la comunicación entre ellos.
- Etapa 4: Despliegue del sistema CSCL. El primer paso que deberá realizar el diseñador en esta etapa es la validación del diagrama, para detectar posibles errores. Una vez corregidos, si lo desea, podrá iniciar el proceso de generación automática del sistema CSCL deseado. Finalmente, una vez generado el *plug-in* que contenga la funcionalidad del sistema, deberá realizarse la exportación de un ejecutable del mismo.
- Etapa 5: Uso del sistema CSCL. En esta etapa los usuarios deben proceder a instalar en sus plataformas de Eclipse el sistema CSCL generado y comenzar a resolver la tarea de aprendizaje determinada, trabajando de

manera individual o de forma colaborativa con otros compañeros.

### 3.1 Diseño de sistemas CSCL

Los espacios de trabajo del entorno Eclipse están compuestos en su mayoría por un editor en la parte central y una serie de componentes (o *widgets*, en términos de Eclipse) a su alrededor (consola, explorador de proyecto, etc.). En este trabajo se han preparado tres escenarios/espacios de trabajo de aprendizaje diferentes, respetando las reglas establecidas por la notación Learn-CIAN y la naturaleza de la herramienta principal escogida:

- Un espacio de trabajo para el *modelado gráfico*, que tiene como herramienta principal un editor gráfico colaborativo síncrono (para, por ejemplo, soportar el modelado en grupo de diseños de redes o circuitos electrónicos). Atendiendo a la notación Learn-CIAN y la taxonomía de Conole (Tabla 1), un espacio de trabajo con estas características se correspondería con una actividad de aprendizaje en grupo, soportada por computador, y de tipo *aplicación*.
- Un espacio de trabajo colaborativo en el que se comparta información *textual*, proporcionando, por ejemplo, dos tipos de editores: de texto plano (si se desea trabajar colaborativamente en la elaboración de un manuscrito), y de código (si se quiere abordar la implementación en grupo de un problema de programación compartido por el profesor, en lenguaje Java). Este tipo de escenario se correspondería con actividades de aprendizaje en grupo, soportadas por computador, y de carácter *productivo*.

- Por último, se pone a disposición de los usuarios un espacio de trabajo para la *visualización/navegación Web*, que permita colaborar en la búsqueda y consulta de información. Un escenario con estas características se correspondería con una actividad de aprendizaje en grupo, soportada por computador, y de *gestión de la información*.

Cada uno de estos espacios de trabajo en grupo ha sido enriquecido con una serie de *widgets* y componentes de soporte a la comunicación, coordinación y *awareness* (Tabla 3), cuyo uso está condicionado por el tipo de tarea de trabajo en grupo a realizar. Así, por ejemplo, un *chat* podrá añadirse a cualquier espacio de trabajo, mientras que un *panel de turnos* sólo a algunos de ellos. Estos componentes se añaden respetando la naturaleza del propio componente y del espacio al que se desea incorporar. Esta es la razón por la que un *panel de turnos*, por ejemplo, no tiene sentido en un entorno de navegación web, ya que en éste básicamente se realizan tareas de visualización y no se está “produciendo” un artefacto, como sí ocurre en un espacio de trabajo textual. Sin embargo, si tendría sentido incluir un *chat* y un *panel de sesión* para soportar dicha tarea en grupo.

**Tabla 3: Componentes y espacios de trabajo disponibles; su configuración y sus características de *awareness***

Componente	Espacios de trabajo	Configuración	Awareness
Chat	Todos	Posición / Idioma / Tamaño / esEstructurado	Estructurado / Libre
Telepunteros	Gráfico	-	Colores
Panel de Sesión	Todos	Posición / Idioma / Tamaño	Colores / Iconos / Estado
Consola	Textual (Código)	Posición	-
Vista de Radar / Outline	Textual / Gráfico	Posición	-
Explorador del Proyecto	Todos	Posición	-
Vista de Propiedades	Gráfico	Posición	-
Panel de Turnos	Gráfico / Textual	Posición / Idioma / Tamaño	Semáforo / Votos
Vista de Problemas	Gráfico / Textual	Posición	-

A su vez, cada *widget*/componente incluye unas opciones de configuración y características de *awareness* propias. En términos de configuración, es posible modular su tamaño (pequeño/ grande), su idioma (inglés/español), su posición en el entorno de trabajo (izquierda, debajo o a la derecha del editor), y en el caso de un *chat*, también se puede indicar si se trata de un chat estructurado (que incluye una serie de frases predefinidas o introductores de sentencia) o libre. En términos de *awareness*, los *telepunteros* tienen asociado un color, igual al asociado al usuario

correspondiente en el *panel de sesión*; un *panel de sesión* contiene información básica del usuario (nombre y estado) y otros elementos identificativos (avatar y color); por último, un *panel de turnos* está formado por un *semáforo*, que indica una petición de cambio de turno, y un sistema de toma de decisión (basado en votos), que permite aceptar o rechazar el mismo. El resto de *widgets*, como por ejemplo una *consola*, la *vista radar* o el *explorador de proyectos* han sido extraídos directamente del entorno de Eclipse, por lo que incorporan, en principio, menos opciones de configuración y características de *awareness*, permitiendo básicamente instanciarlos y seleccionar el lugar que ocupan dentro del entorno.

Este conjunto de restricciones, configuraciones y características debe soportarse en el editor Learn-CIAT, de cara a proporcionar un proceso de desarrollo guiado a los diseñadores que permita validar los sistemas antes de generarlos. Puesto que el editor gráfico se generó usando la tecnología *Eugenia*, a partir de una serie de marcos conceptuales, algunas restricciones ya aparecen impuestas de manera implícita y por la tecnología subyacente. Por ejemplo, el nodo de un Sociograma no podrá instanciarse dentro de un diagrama Learn-CIAN. Para aquellas restricciones que la tecnología no fuera capaz de incorporar automáticamente, existe la posibilidad de implementar unas plantillas codificadas en lenguaje EVL que las defina. EVL permite especificar y evaluar restricciones sobre modelos provenientes de diferentes meta-modelos y tecnologías de modelado. Es un lenguaje muy versátil, que permite realizar la distinción entre un error y un *warning*, dependiendo de si el contexto cumple o no la restricción implementada, mostrar mensajes y avisos personalizados por pantalla, e incluso incorporar *quick fixes* (correcciones), que permiten solucionar un problema en tiempo de ejecución con sólo pulsar un botón.

En la Figura 2 se presenta una instancia de ejemplo del editor Learn-CIAT en la que se muestra el flujo de trabajo en un curso de programación Java. En ella se puede ver como el editor ha detectado hasta tres errores y un *warning*, tras el proceso de validación del modelo: (1) un usuario está intentando agregar *telepunteros* a un editor de texto plano, cuando éstos sólo pueden agregarse a un entorno de modelado gráfico (Tabla 3); (2) se muestra un error en el que se indica que un espacio de trabajo textual debe contener obligatoriamente un *panel de turnos* (esta restricción venía impuesta por el meta-modelo de entrada); (3) se observa como la actividad en grupo soportada por computador de nombre *Practical Project* se ha declarado como adaptativa, cuando este tipo de tareas son de carácter productivo (atendiendo a la taxonomía de Conole y las reglas establecidas en la definición de los espacios de trabajo); (4) por último, y para mostrar la flexibilidad que aporta EVL, se puede ver como en el sociograma mostrado en la parte izquierda de la figura aparece un *warning* en el que se avisa de que el nombre del rol profesor debe comenzar con mayúsculas<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Este último es un simple *warning* de sintaxis y no condiciona el proceso de generación de un sistema CSCL.

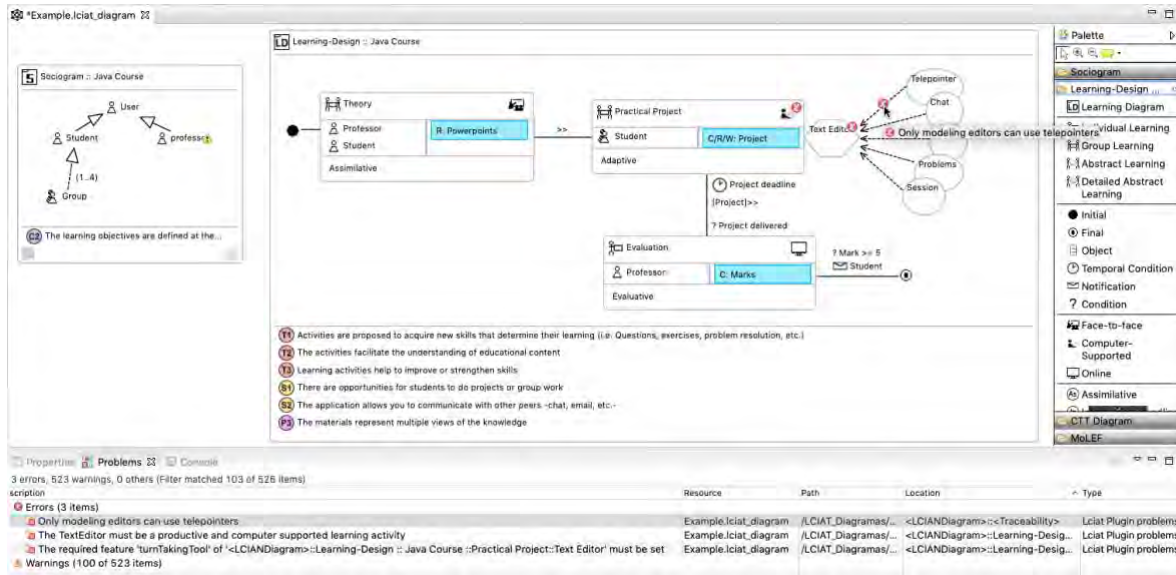


Figura 2: Un proceso de diseño y validación sobre el editor Learn-CIAT

En términos de usabilidad pedagógica no se encuentran problemas (ni errores ni *warnings*), ya que en principio el flujo de aprendizaje diseñado respeta o cumple el enunciado de todas las características de MoLEF añadidas al diagrama. Estas se muestran codificadas con diferentes colores, dependiendo de la subdimensión a la que pertenezcan. En el ejemplo mostrado se puede ver como la herramienta seleccionada, un editor de texto, incorpora un *chat*, cumpliendo así los criterios S1: “El sistema de aprendizaje permite a los alumnos trabajar colaborativamente” y S2: “El sistema de aprendizaje permite comunicarse con otros usuarios (chat, e-mail, foro, etc.)”. Si el diseñador no hubiera agregado un *chat* al espacio de trabajo de la herramienta, por ejemplo, se mostraría un error indicando que se estaría incumpliendo el criterio S2.

Además, el usuario tiene la posibilidad de corregir manualmente cada uno de estos errores o *warnings*, o bien iniciar su *quick fix* correspondiente, que, de haber sido declarada en la plantilla EVL, es capaz de iniciar un proceso automático que lo solucione con sólo pulsar un botón.

### 3.2 Generación de sistemas CSCL

Una vez corregidos los errores y advertencias del modelo en Learn-CIAT podrá iniciarse el proceso de generación automática de la interfaz del sistema CSCL (Figura 3). Para dar soporte a este proceso ha sido necesario desarrollar una versión evolucionada del *plug-in* SpacEclipse e implementar una serie de plantillas escritas en EGL. El lenguaje EGL, proveniente también del proyecto *Epsilon*, es el lenguaje encargado de realizar las transformaciones modelo-a-texto (M2T, *model-to-text*) a partir de la definición del diagrama, siendo capaz de transformar a diferentes tipos de texto: código ejecutable (p. ej., Java), lenguajes de marcado (p. ej., HTML), imágenes (p. ej., DOT), especificaciones formales (p. ej., notación Z), o incluso aplicaciones completas; siendo posible soportar varios lenguajes a la vez (p. ej., HTML, JavaScript, y

CSS). En este trabajo en particular se ha preparado un total de siete plantillas EGL (Figura 3). Estas plantillas son las encargadas de generar, dinámicamente, las clases Java que contienen la funcionalidad del sistema final y que definen su espacio de trabajo respetando la configuración del modelo previamente validado (Figura 3). A su vez, para coordinar la generación de cada una de las clases, se ha tenido que implementar una plantilla EGX adicional (también en lenguaje EGL), que se encarga de generar cada una de las clases Java en la ruta indicada dentro del *plug-in* SpacEclipse. De esta forma, el usuario sólo tiene que centrarse en modelar y validar el sistema, ya que, posteriormente, con sólo pulsar un botón, será capaz de generar sistemas como los mostrados en la Figura 4.

En dicha figura se muestran dos escenarios de aprendizaje colaborativo distintos: de programación (Figura 4.a), y de modelado gráfico (Figura 4.b). En el sistema mostrado en la Figura 4.a se puede ver como la herramienta principal es un editor de código (en lenguaje Java), rodeado del siguiente conjunto de componentes: una *panel de sesión* (1), un explorador de proyectos (2), una consola (3), una vista de problemas (4), un panel de turnos (5) y un *chat* (6), cada uno con su propia configuración. Por ejemplo, el *chat* incorporado ha sido situado a la derecha del editor, es de pequeño tamaño, y está traducido al inglés, mientras que el

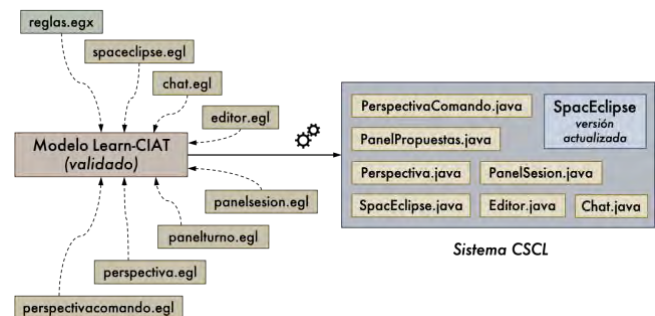


Figura 3: Proceso de generación de sistemas

panel de sesión es de tamaño grande, se ha situado a la izquierda del editor, y también se ha creado en este idioma. Además, como se mencionó previamente, cada componente incorpora sus propias características de *awareness*. Por ejemplo, puede observarse como, efectivamente, el *panel de turnos* incluye un semáforo, situado en la parte superior derecha, que cambia de color según exista una petición por parte de algún usuario para tomar el turno (en verde), o no (en rojo), y un sistema de votación en la parte inferior, en el que básicamente se indica si se acepta o no dicho cambio.

Por su parte, el entorno de modelado gráfico en grupo (Figura 4.b), además de incorporar un editor gráfico en la parte central, se ha completado con los siguientes componentes: un *panel de sesión* (1), un explorador de proyectos (2), un *chat* (3), una vista de propiedades (4), un *panel de turnos* (5) y una vista radar (6). Cabe indicar como el *chat*, en esta ocasión, ha sido situado en la parte

inferior del entorno, es de gran tamaño, es estructurado y se encuentra en español (al igual que el *panel de turnos*). Además, se han incluido dos elementos muy útiles en este tipo de entornos, como son la vista radar y los *telepunteros*. La vista radar es realmente útil cuando se trabaja con diagramas de gran tamaño, mostrando en todo momento la porción del mismo que se está visualizando. Por su parte, los *telepunteros* son necesarios para saber qué y quién se encuentra modificando el diagrama en ese momento en el área de trabajo. En el ejemplo mostrado se puede ver la instancia del sistema que está siendo visualizada por el usuario 2 (identificado por el color rosa). El *telepuntero* que se muestra en pantalla es de color rojo, y corresponde al usuario que se encuentra editando el diagrama en ese momento (el usuario número 4). Además, el estado de dicho usuario (*editing...*) también se indica en el *panel de sesión*.

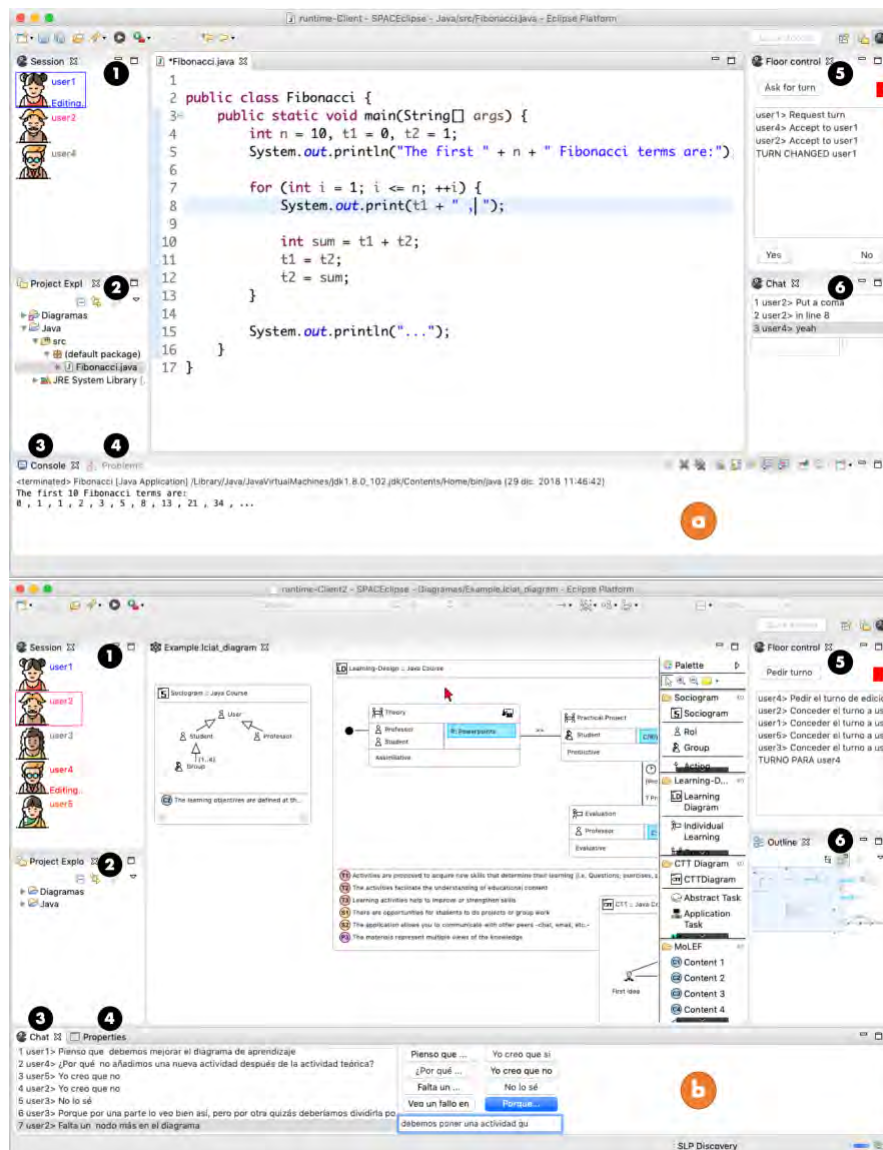


Figura 4: Dos escenarios de aprendizaje colaborativo: programación (a) y modelado gráfico (b)

El sistema CSCL es generado en forma de *plug-in* de Eclipse, al igual que sucedía en la versión anterior de SpacEclipse. Si no se encontraron problemas durante el proceso de generación, la herramienta ya se encontraría preparada para su uso. El usuario tiene ante sí la posibilidad de lanzar una instancia local del mismo, de cara a realizar las pruebas que considere oportunas, o bien ejecutar el proceso habitual de despliegue de un *plug-in* de la plataforma Eclipse, de cara a exportar un ejecutable del mismo. Finalmente, este ejecutable deberá ser compartido con el resto de usuarios para que puedan proceder libremente a su instalación en sus plataformas, y así poder comenzar a utilizarlo.

#### 4 Conclusiones

En este trabajo se describe una nueva propuesta metodológica y tecnológica de soporte al desarrollo de interfaces de usuario de sistemas de aprendizaje colaborativo (CSCL) siguiendo un enfoque dirigido por modelos. Se ha optado por este tipo de enfoque por las ventajas que aporta, ya que supone un proceso de desarrollo más rápido, económico y menos propenso a prueba-errores que los desarrollos *ad-hoc* tradicionales. El uso de las herramientas *software*, los marcos y los modelos conceptuales propuestos permiten especificar de una manera relativamente sencilla, y abstracta, aspectos no sólo relativos a la interacción y la colaboración a soportar en este tipo de sistemas, sino a otros, como son el soporte al *awareness* y aspectos de usabilidad pedagógica, necesarios en este tipo de aplicaciones.

El método propuesto está soportado por el editor gráfico Learn-CIAT sobre la plataforma Eclipse, el cual ofrece un proceso guiado, permitiendo incorporar todos los requisitos de interacción, colaboración, usabilidad, *awareness* y funcionalidad del sistema. Tal y como se ha descrito, el usuario sólo tiene que centrar sus esfuerzos en el diseño y validación de los sistemas a generar, pudiendo obtener diferentes instancias de sistemas de aprendizaje colaborativo con relativa facilidad.

Como trabajo futuro, se plantea llevar a cabo una evaluación de la propuesta con usuarios reales, tanto del ámbito académico como industrial, de cara a comprobar la complejidad que supone un proceso de desarrollo como el presentado para ambos perfiles. Por otra parte, y para valorar la escalabilidad de la propuesta, se continuará trabajando para poder soportar e incorporar nuevos componentes, escenarios y características a los sistemas CSCL.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto TIN2015-66731-C2-2-R del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

#### REFERENCIAS

- [1] Jakob Nielsen. 1994. Usability Engineering. *Acad. Press Prof. Boston, MA*. (1994), 362.
- [2] F Paterno. 2000. *Model-Based Design and Evaluation of Interactive Applications*. DOI:https://doi.org/10.1057/palgrave.ejis.3000385
- [3] Guilio Mori, Fabio Paternò, and Carmen Santoro. 2004. Design and Development of Multidevice User Interfaces through MultipleLogical Descriptions. *IEEE Trans. Softw. Eng.* 30, August (2004), 507–520.
- [4] Kris Luyten. 2004. Dynamic user interface generation for mobile and embedded systems with model-based user interface development. PhD. thesis, Universiteit Limburg. Retrieved from <http://research.edm.uhasselt.be/kris/research/phd/v1.pdf>
- [5] Paul Dourish and Victoria Bellotti. 1992. Awareness and coordination in shared workspaces. In *Proceedings of the 1992 ACM conference on Computer-supported cooperative work - CSCW '92*, 107–114. DOI:https://doi.org/10.1145/143457.143468
- [6] Carl Gutwin and Saul Greenberg. 1996. Workspace awareness for groupware. *Conf. companion Hum. factors Comput. Syst. common Gr. - CHI '96* (1996), 208–209. DOI:https://doi.org/10.1145/257089.257284
- [7] Petri Nokelainen. 2006. *An empirical assessment of pedagogical usability criteria for digital learning material with elementary school students*. DOI:https://doi.org/10.2307/jeductechsoci.9.2.178
- [8] Gerry Stahl. 2015. A decade of CSCL. *Int. J. Comput. Collab. Learn.* 10, 4 (December 2015), 337–344. DOI:https://doi.org/10.1007/s11412-015-9222-2
- [9] H Trætteberg. 2002. Model-based user interface design. *Dept. Comput. Inf. Sci.* (2002).
- [10] Victor M.R. Penichet, Maria D. Lozano, José A. Gallud, and Ricardo Tesoriero. 2010. Requirement-based approach for groupware environments design. *J. Syst. Softw.* 83, 8 (August 2010), 1478–1488. DOI:https://doi.org/10.1016/j.jss.2010.03.029
- [11] J. L. Garrido, M. Gea, and M. L. Rodríguez. 2011. Requirements Engineering in Cooperative Systems. In *Requirements Engineering for Sociotechnical Systems*. IGI Global, 226–244. DOI:https://doi.org/10.4018/978-1-59140-506-1.ch014
- [12] Ana I. Molina, Miguel A. Redondo, and Manuel Ortega. 2009. A review of notations for conceptual modeling of groupware systems. In *New Trends on Human-Computer Interaction: Research, Development, New Tools and Methods*. 75–86. DOI:https://doi.org/10.1007/978-1-84882-352-5\_8
- [13] Ana I. Molina, Miguel a. Redondo, Manuel Ortega, and Ulrich Hoppe. 2008. CIAM: A methodology for the development of groupware user interfaces. *J. Univers. Comput. Sci.* 14, 9 (2008), 1435–1446. DOI:https://doi.org/10.3217/jucs-014-09-1435
- [14] Ana I. Molina, Jesús Gallardo, Miguel A. Redondo, Manuel Ortega, and William J. Giraldo. 2013. Metamodel-driven definition of a visual modeling language for specifying interactive groupware applications: An empirical study. *J. Syst. Softw.* 86, 7 (July 2013), 1772–1789. DOI:https://doi.org/10.1016/j.jss.2012.07.049
- [15] Jonathan Grudin. 1994. Groupware and Social Dynamics: Eight Challenges for Developers. *Commun. ACM* 37, 1 (1994), 92–105. DOI:https://doi.org/http://doi.acm.org/10.1145/175222.175230
- [16] Päivi Häkkinen, Maarit Arvaja, and Kati Mäkitalo. 2004. Prerequisites for CSCL: Research approaches, methodological challenges and pedagogical development. *Learn. to Collab. Collab. to Learn* (2004), 161–175. Retrieved July 20, 2018 from [https://www.mit.jyu.fi/agora-center/inbct/InBCT24/cl\\_lc3.pdf](https://www.mit.jyu.fi/agora-center/inbct/InBCT24/cl_lc3.pdf)
- [17] Ana I. Molina, Yoel Arroyo, Carmen Lacave, and Miguel A. Redondo. 2018. Learn-CIAN: A visual language for the modelling of group learning processes. *Br. J. Educ. Technol.* 49, 6 (November 2018), 1096–1112. DOI:https://doi.org/10.1111/bjet.12680
- [18] Gráinne Conole. 2007. Describing learning activities: Tools and resources to guide practice. In *Rethinking Pedagogy for a Digital Age: Designing and Delivering E-Learning*, 81–91. DOI:https://doi.org/10.4324/9780203961681-16
- [19] Jesús Gallardo, Crescencio Bravo, and Miguel A. Redondo. 2012. A model-driven development method for collaborative modeling tools. *J. Netw. Comput. Appl.* 35, 3 (2012), 1086–1105. DOI:https://doi.org/10.1016/j.jnca.2011.12.009
- [20] Carl Gutwin, Saul Greenberg, and Mark Roseman. 1996. Workspace awareness in real-time distributed groupware: Framework, widgets and evaluation. In *Conference companion on Human factors in computing systems common ground - CHI '96*, 210–211. DOI:https://doi.org/10.1145/257089.257286
- [21] Carl Gutwin, Mark Roseman, and Saul Greenberg. 1996. A usability study of awareness widgets in a shared workspace groupware system. In *Proceedings of the 1996 ACM conference on Computer supported cooperative work - CSCW '96*, 258–267. DOI:https://doi.org/10.1145/240080.240298
- [22] Jakob Nielsen. 1990. Evaluating hypertext usability. In *Designing hypermedia for learning*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 147–168. DOI:https://doi.org/10.1007/978-3-642-75945-1
- [23] Christian X. Navarro, Ana I. Molina, Miguel A. Redondo, and Reyes Juárez-Ramírez. 2016. Framework to Evaluate M-Learning Systems: A Technological and Pedagogical Approach. *Rev. Iberoam. Tecnol. del Aprendiz.* 11, 1 (2016), 33–40. DOI:https://doi.org/10.1109/RITA.2016.2518459
- [24] Yoel Arroyo, Ana I. Molina, Carmen Lacave, Miguel A. Redondo, and Manuel Ortega. 2018. The GreedEx experience: Evolution of different versions for the learning of greedy algorithms. *Comput. Appl. Eng. Educ.* 26, 5 (2018), 1306–1317. DOI:https://doi.org/10.1002/cae.22023
- [25] Dimitrios S. Kolovos, Antonio García-Domínguez, Louis M. Rose, and Richard F. Paige. 2017. Eugenia: towards disciplined and automated development of GMF-based graphical model editors. *Softw. Syst. Model.* 16, 1 (February 2017), 229–255. DOI:https://doi.org/10.1007/s10270-015-0455-3

**UML2App: Avanzando en la generación automática de interfaces de usuario para dispositivos móviles**

Víctor López-Jaquero, Pascual Gonzalez, Francisco Montero and José Pascual Molina.

**Abstract:** El desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles presenta retos adicionales al desarrollo tradicional de aplicaciones. Las características y capacidades de interacción difieren de las interfaces de escritorio, lo cual plantea la necesidad de incorporar distintas maneras de interactuar de una forma más natural para un dispositivo móvil. Otro aspecto relevante en el desarrollo de dichas aplicaciones es la fragmentación existente, donde tanto la variabilidad en los sistemas operativos que usan, y por lo tanto en las guías de diseño para dichos sistemas, como las propias características físicas de dichos dispositivos. En este trabajo se presenta una aproximación dirigida por modelos orientada a la generación de aplicaciones móviles que trata de aliviar los problemas anteriormente presentados a través de una generación automática de la app basada en un perfil UML y algunos modelos habitualmente usados en el diseño de interfaces de usuario basadas en modelos. Actualmente, la implementación se ha centrado en el marco de trabajo de Android.

Notes/Notas:

# UML2App: Avanzando en la generación automática de interfaces de usuario para dispositivos móviles

Víctor López-Jaquero, Pascual González, Francisco Montero, José Pascual Molina  
LoUISE Research Group  
I3A. Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete, 02071, España  
{ VictorManuel.Lopez | Pascual.Gonzalez | Francisco.MSimarro | JosePascual.Molina }@uclm.es

## RESUMEN

El desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles presenta retos adicionales al desarrollo tradicional de aplicaciones. Las características y capacidades de interacción difieren de las interfaces de escritorio, lo cual plantea la necesidad de incorporar distintas maneras de interactuar de una forma más natural para un dispositivo móvil. Otro aspecto relevante en el desarrollo de dichas aplicaciones es la fragmentación existente, donde tanto la variabilidad en los sistemas operativos que usan, y por lo tanto en las guías de diseño para dichos sistemas, como las propias características físicas de dichos dispositivos. En este trabajo se presenta una aproximación dirigida por modelos orientada a la generación de aplicaciones móviles que trata de aliviar los problemas anteriormente presentados a través de una generación automática de la app basada en un perfil UML y algunos modelos habitualmente usados en el diseño de interfaces de usuario basadas en modelos. Actualmente, la implementación se ha centrado en el marco de trabajo de Android.

## CCS CONCEPTS

- Software and its engineering → Graphical user interface languages
- Human-centered computing → Mobile computing
- Software and its engineering → Unified Modeling Language (UML)

## PALABRAS CLAVE

Diseño de interfaces de usuario basado en modelos, desarrollo basado en modelos, aplicaciones móviles, perfil UML, Android.

## 1 Introducción

El uso de dispositivos móviles se ha disparado a nivel mundial. En concreto, España lidera las estadísticas en cuanto al uso de móviles con un 88% de usuarios únicos, frente a la media mundial global del 66% [13]. Este imparable ascenso en el uso de los dispositivos está provocando que el foco del desarrollo de aplicaciones se mueva cada vez más hacia el mercado de dispositivos móviles. Sin embargo, el desarrollo de aplicaciones para móviles supone un reto en múltiples sentidos. En primer lugar, las plataformas más populares difieren de manera amplia tanto en aspectos hardware como software. Al mismo tiempo, la creciente demanda requiere aplicaciones que funcionen en

diferentes plataformas, al menos en las más populares (Android, iOS y Windows Phone). Sin embargo, las herramientas que permiten crear aplicaciones multiplataforma no son capaces de aprovechar al máximo los recursos específicos ofrecidos por cada plataforma. Todo ello abre las puertas a una estrategia de desarrollo diferente como es el desarrollo dirigido por modelos. En este contexto, este trabajo se presenta una aproximación dirigida por modelos para el desarrollo de app para dispositivos móviles llamada UML2App, que trata de avanzar en la búsqueda de soluciones que permitan generar aplicaciones usables para distintas plataformas de dispositivos móviles de una manera eficiente.

El resto del documento se estructura del siguiente modo: en la sección 2 se tratarán las distintas aproximaciones existentes para el desarrollo de app para dispositivos móviles, incluyendo aquellas dirigidas por modelos. En la sección 3 se presenta UML2App, primero describiendo su arquitectura general y luego cada uno de sus componentes. La sección 4 ilustra un caso de estudio que permite entender de manera más precisa cómo funciona UML2App. Las lecciones aprendidas durante el desarrollo de la herramienta se presentan en la sección 5, finalizando el artículo con algunas conclusiones y trabajo futuro.

## 2 Desarrollo de aplicaciones móviles

Como plantean Bjørn-Hansen et al. [4] tradicionalmente el desarrollo de aplicaciones para móviles se ha realizado utilizando herramientas diseñadas específicamente para cada una de las plataformas existentes (iOS para Apple; Android para Google o Windows 10 Mobile para Microsoft). Este enfoque, aunque hace difícil la portabilidad de aplicaciones a otras plataformas, permite aprovechar al máximo las peculiaridades que cada entorno ofrece, obteniendo mejores resultados en cuanto a rendimiento [25] o experiencia de usuario [7]. En todo caso, la dificultad de creación de aplicaciones multiplataforma abre nuevos escenarios para otras aproximaciones. Una alternativa es el uso de las denominadas cross-platform mobile development frameworks, los cuales permiten la reutilización de código entre diferentes plataformas, facilitando de este modo la portabilidad entre distintas plataformas consiguiendo una gran mejora en coste-efectividad. Como comentan Bjørn-Hansen et al. [3], dentro de este ámbito existe un amplio abanico de propuestas que hacen difícil seleccionar la más adecuada. Para facilitar su elección dentro de su estudio, plantean una taxonomía y estado de investigación de las propuestas cross-



platform development que permite clasificar las propuestas existentes en cinco grandes grupos: Hybrid; Interpreted; Cross-Compiled; Progressive Web Apps; y Model-Driven. Las propuestas híbridas se apoyan en el uso de tecnologías web convencionales, incluyendo HTML, CSS y JavaScript. Para ello utilizan internamente un componente WebView que hace la función de un navegador web incrustada. Un ejemplo de este tipo de frameworks es PhoneGap o Ionic Framework. Las propuestas clasificadas dentro de interpretadas permiten renderizar directamente componentes de la interfaz nativa en la pantalla. Un ejemplo de aplicaciones de este tipo son React Native o Adobe AIR. En el siguiente grupo de frameworks, de compilación cruzada, las aplicaciones desarrolladas no dependen de los componentes de WebView ni de intérpretes en el dispositivo para la representación de la interfaz de usuario o la comunicación con las características de la plataforma y del dispositivo. En su lugar, utilizan un lenguaje, como C#, para su desarrollo accediendo a las funcionalidades ofrecidas por el SDK de las diferentes plataformas. Por lo tanto, no hacen uso de la capa puente con en las aproximaciones anteriores. La siguiente aproximación denominada, *Progressive Web Apps*, es en esencia una aplicación Web con capacidades mejoradas, intentando que las aplicaciones Web tengan un aspecto similar (look and feel) a las aplicaciones nativas utilizando para ello HTML y CSS. A su vez esta aproximación permite realizar una instalación del sitio Web en el dispositivo de tal modo que permite su uso offline. Por último, la aproximación dirigida por modelos se apoya en el uso de modelos independientes de la plataforma definidos a diferente nivel de abstracción que finalmente pueden convertirse en código ejecutable para una determinada plataforma. En todo caso, esta aproximación, aunque tiene una notable presencia en el ámbito de la investigación, su adopción no parece tener la misma penetración en el ámbito de la industria [4]. A pesar de esto, también es relevante resaltar que dentro de las herramientas analizadas dentro del informe Gartner sobre “Magic Quadrant for Mobile App Development Platforms” [26] encontramos en algunas de las propuestas (Appian, GeneXus o Mendix) referencias al uso de Model-Driven Development (MDD).

## 2.1 Desarrollo dirigido por modelos de interfaces de usuario

El desarrollo dirigido por modelos se basa en el uso de modelos para el desarrollo de sistemas, en vez del más tradicional uso de un lenguaje de programación. Se trata de llevar los modelos a un primer plano, para conseguir beneficios como la generación del código de la aplicación [22].

Más concretamente, en el mundo de las interfaces de usuario, se lleva usando desde principios de los 90 con el nombre de diseño de interfaces de usuario basado en modelos (MB-UIDE) [19]. Aunque no existe un estándar sobre qué modelos usar para

describir una interfaz de usuario, sí parece que se ha adoptado como estándar de facto el marco de trabajo de Cameleon [6]. De hecho, el presente trabajo se basa en el primer nivel de dicho marco para la descripción de la aplicación a generar. Para la representación de los modelos requeridos existen multitud de metamodelos, habitualmente basados en XML, siendo UsiXML [14] uno de los más extendidos. A continuación se describen aquellas aproximaciones dirigidas por modelos que se han propuesto para la generación de aplicaciones móviles.

## 2.2 Desarrollo de aplicaciones móviles dirigido por modelos

En el estudio de Bjørn-Hansen et al. [3] podemos encontrar un conjunto de propuestas que se basan en cierta medida en la propuesta de desarrollo de aplicaciones dirigido por modelos. Como comentan Umhuza y Brambilla [23] estas propuestas pueden clasificarse en dos grandes grupos: Propuestas de investigación; y Soluciones comerciales. Dentro de las primeras podemos encontrar propuestas que todavía no han dado el salto al ámbito comercial. Dentro de este grupo podemos encontrar propuestas como MD<sup>2</sup> [12], Applause [2] o MAG [24]. La primera de ellas, MD<sup>2</sup> se apoya en el patrón MVC para estructurar su propuesta de desarrollo dirigido por modelos para aplicaciones de negocio. Para ello, define un lenguaje específico de dominio (DSL) que representa una descripción independiente de la plataforma, la cual será posteriormente transformada en código nativo para Android o iOS. La segunda, Applause [2], se basa en la generación de aplicaciones centradas en datos y, al igual que la anterior, se apoya en la propuesta de un DSL para describir aplicaciones para móviles, y una serie de generadores de código que utilizarán estas descripciones para generar aplicaciones nativas para las principales plataformas móviles (iOS, Android, Windows Phone). En este caso, el comportamiento casi no es modelado y, sin embargo, las interfaces se modelan con gran precisión. Finalmente, la propuesta MAG [24] no define su propio DSL sino que se apoya en el uso de un conjunto de modelos de UML y un perfil de UML específicamente creado para modelar conceptos específicos de dominio de las aplicaciones móviles. Finalmente, dentro de este ámbito también encontramos propuestas como LIZARD [21] que se apoyan en la extensión de frameworks de tipo general, como CAMALEON [6], para adaptarlos al dominio del desarrollo de aplicaciones para móviles. En este caso, ofrecen una propuesta que enriquece la transformación que se puede realizar entre el interfaz de usuario concretos (CUI) y el interfaz de usuario final (FUI). Para ello simplifican el framework CAMALEON agrupando el modelo de dominio, de tareas y CUI en un nuevo modelo denominado Interfaz de usuario de alto nivel (HLUI) y eliminando, a su vez, el interfaz de usuario abstracto (AUI) propuesto en CAMALEON.

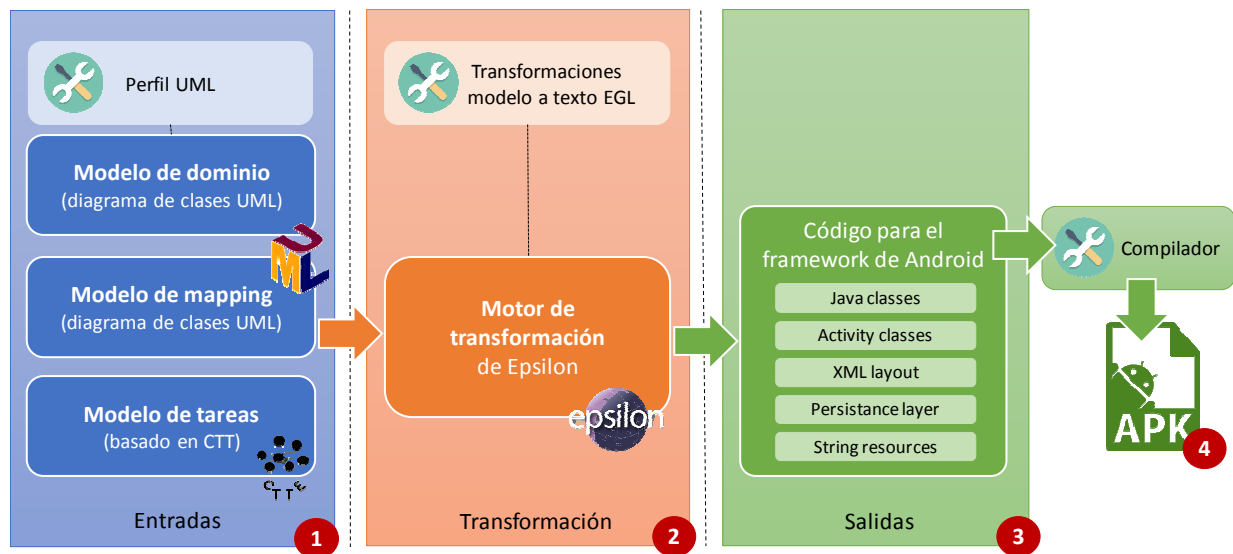


Figura 1. Arquitectura general para la generación de apps móviles.

En el otro ámbito, el de soluciones comerciales, Umuhoza y Brambilla [23], citan, entre otras, propuestas como Mendix o Appian, dos de las que se incluyen en el “Magic Quadrant for Mobile App Development Platforms” [26] de Gartner. La primera de las propuestas [16] se apoya en el uso de herramienta de modelado visual para la definición del modelo de dominio, las interacciones del usuario y la lógica del negocio, las cuales son posteriormente ejecutados en tiempo real. La particularidad de estos modelos es que sirven como medio de comunicación entre los responsables del negocio y los desarrolladores en un proceso de co-diseño. Por otra parte, Appian se ofrece como una herramienta para la gestión de procesos de negocio a través de BPM. Para ello, emplea el marco de trabajo Appian Self-Assembling Interface Layer (SAIL) para renderizar aplicaciones y se basa en React Native para generar aplicaciones para móviles y React (JavaScript) para el desarrollo Web. La plataforma funciona en la Appian Cloud y es compatible con Docker y Kubernetes.

### 3 UML2App: Hacia el desarrollo de aplicaciones móviles dirigido por modelos

Como se ha planteado en las secciones anteriores, el desarrollo de aplicaciones móviles plantea retos adicionales a los que se encuentran habitualmente en el desarrollo de aplicaciones de escritorio o web. Las diferencias, por ejemplo, entre las guías de estilo para el desarrollo de aplicaciones para Android e iOS hace que el uso de una aplicación no nativa para ambas plataformas no sea adecuada, especialmente cuando se trata de aplicaciones con una alta interacción.

Para afrontar este reto, el desarrollo dirigido por modelos puede proporcionar un marco de trabajo común que permita generar las

aplicaciones para distintas plataformas, a la vez que contribuya a la aceleración de su proceso de desarrollo.

En este trabajo se presenta una arquitectura dirigida por modelos orientada a la generación de aplicaciones móviles, que actualmente está siendo probada en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos basados en Android. A continuación, se describe la arquitectura general usada, cuyos componentes serán detallados en mayor profundidad en sucesivas secciones.

La arquitectura que se presenta (véase la Figura 1) toma como base los modelos de tareas y de dominio. El modelo de tareas permite especificar qué tareas podrá el usuario realizar a través del sistema, incluyendo en qué orden se realizan y otras relaciones temporales adicionales, como qué tareas son opcionales, tareas alternativas a otras, etc. Un modelo de tareas basado en CTT [19] y representado en XML se usa para este propósito. Adicionalmente, el modelo de dominio permite describir qué información se requiere para llevar a cabo las tareas especificadas en el modelo anterior. En este caso, un diagrama de clases de UML se usará para representarlo. Dicho diagrama de clases se complementa aplicándole un perfil UML [10] que permite enriquecer el diagrama de clases con información adicional que ayuda, y en algunos casos resulta imprescindible, durante el proceso de transformación requerido para generar la aplicación móvil.

Aunque existen distintos motores de transformación, se ha elegido Epsilon [8] por contar con un framework completo y un lenguaje de transformación actualizado y potente. El motor de transformación toma como entrada los dos modelos descritos anteriormente y el conjunto de transformaciones. Como salida producirá el código necesario para la aplicación móvil.

En la siguiente sección, se describe el perfil que se ha desarrollado para la generación de las aplicaciones móviles.

### 3.1 Desarrollo dirigido por modelos basado en perfiles UML

Un perfil UML permite especificar una serie de estereotipos (véase la Figura 2) que se pueden aplicar a distintos elementos del diagrama de clases. A qué elementos del diagrama de clases es aplicable un estereotipo es una de las cosas que se especifican durante la creación del perfil, y ayuda a evitar que el estereotipo se aplique de manera errónea. Por ejemplo, en la figura 2 podemos ver una serie de estereotipos que extienden la metaclassa "Class", que representa el concepto de clase en UML, de manera que dichos estereotipos sólo podrán ser aplicados a clases en el diagrama. Adicionalmente, los estereotipos pueden incluir atributos, donde se puede añadir información adicional, que podrá ser añadida para cada uno de los elementos del diagrama de clase sobre los que se aplique el estereotipo.

Durante el proceso de generación, las transformaciones accederán a los estereotipos y sus atributos para decidir cómo realizar las transformaciones, y tomarán la información que requieran de los atributos que incluyan.

Otro de los aspectos clave que nos facilita el uso de perfiles es la validación. Mediante el uso de restricciones escritas usando el lenguaje OCL (Object Constraint Language) se pueden especificar validaciones que eviten que se puedan dar situaciones anómalas en el diagrama de clases sobre el que se ha aplicado en perfil. Por ejemplo, en el perfil desarrollado, una de las validaciones que existen es que sólo puede existir un elemento al que esté aplicado el estereotipo AndroidConfiguration, ya que no tiene sentido que existan dos configuraciones para Android contradictorias. Estas validaciones son importantes, ya que permiten evitar numerosos errores durante el proceso de modelado. Seguidamente, se describe el conjunto de estereotipos desarrollados dentro del perfil UML creado.

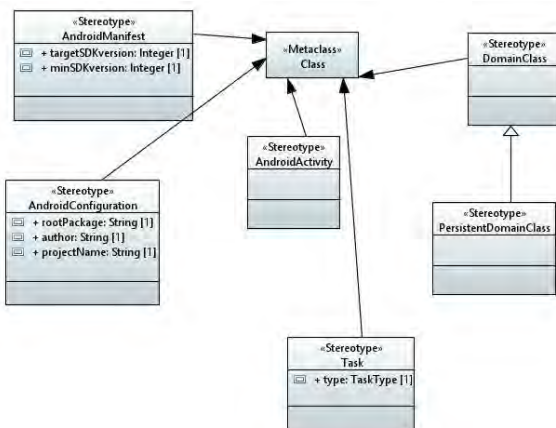


Figura 2. Estereotipos aplicables a clases en el perfil.

#### 3.1.1 Un perfil UML para la generación de apps

El perfil está formado por distintos estereotipos con distintos propósitos. Los estereotipos PersistentDomainClass, PersistentRelationship y PersistentAttribute están relacionados con la capa de persistencia.

PersistentDomainClass debe ser aplicado a todas aquellas clases del modelo de dominio que deseamos que sean incluidas en la base de datos, es decir, en la capa de persistencia. Todas las clases con este estereotipo tendrán su correspondiente representación en la base de datos y se generará el código necesario para poder hacer consultas o manipular los datos que dicha clase representa. El código de la capa de persistencia para el caso de Android está basado en Room [20]. Room proporciona una capa de abstracción sobre SQLite, la cual es especificada añadiendo anotaciones a las clases Java. Todas las anotaciones Java necesarias son generadas por el motor de transformación. Obviamente, la estructura de la base de datos no se genera sólo a partir de clases individuales, sino que también es necesario representar las relaciones entre dichas clases. PersistentRelationship se añade a todas aquellas relaciones entre clases que deseamos que sean consideradas en la generación de la capa de persistencia. Dichas relaciones darán lugar a claves foráneas en la base de datos, o tablas adicionales en el caso de relaciones muchos a muchos. La información que deben contener las tablas generadas es derivada de las relaciones y de los atributos con el estereotipo PersistentAttribute de las clases que incluyen el perfil PersistentDomainClass.

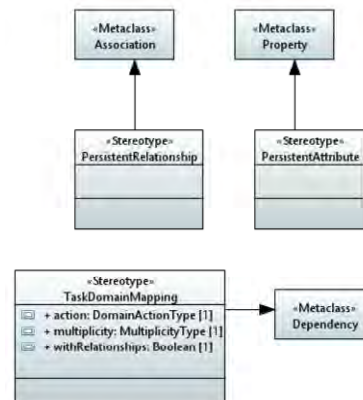


Figura 3. Relaciones usadas en el perfil.

Además de los estereotipos genéricos para especificar la capa de persistencia, existen una serie de estereotipos adicionales dedicados a detallar la generación de la app para distintas plataformas. En este caso, los estereotipos AndroidActivity, AndroidManifest y AndroidConfiguration están dedicados a la generación para la plataforma Android.

AndroidManifest permite especificar metadatos sobre la aplicación que deseamos que sean incluidos en la app. Por ejemplo, en el caso de Android se especifica cuál es la versión de Android mínima (minSDKversion), o qué versión se quiere usar para compilar (targetSDKversion). AndroidConfiguration permite

especificar quién es el autor, el nombre del proyecto o el paquete Java que servirá de base para el código Java generado.

Finalmente, el perfil también incluye algunos estereotipos ligados al modelo de tareas. Estos estereotipos son necesarios para establecer las relaciones entre el modelo de tareas y el modelo de dominio (mappings) [18]. Esta relación es necesaria durante la generación, por ejemplo, para elegir qué widget es más adecuado para realizar una tarea específica. Si tenemos una tarea de entrada, el widget usado dependerá del tipo de datos del elemento que queremos introducir, pues no es lo mismo introducir un número que una cadena de caracteres, por ejemplo. Para ello, existe el estereotipo Task, que es aplicable a cualquier tarea que se haya especificado en el modelo de tareas. La tarea además incluye un atributo type que permite describir qué tipo de tarea se está realizando. Este atributo type es uno de los elementos clave en la elección de la interfaz de usuario que se generará para dicha tarea.

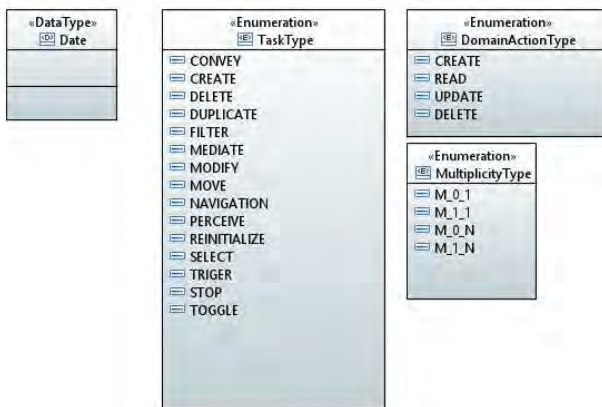


Figura 4. Tipos de datos usados en el perfil.

El conjunto de tipos de tareas (véase TaskType en Figura 4) hace referencia a los tipos de tarea establecidos en [11]. Este estereotipo es complementado con el estereotipo TaskDomainMapping, que permite relacionar una tarea con el elemento del dominio que manipula. Esta relación puede ser detallada especificando el tipo de acción que realiza la tarea sobre el elemento del modelo de dominio (crear, leer, actualizar o borrar), la cardinalidad (véase el tipo MultiplicityType en la Figura 3) and withRelationships, que indica que la además incluye a los elementos con los que está relacionado esa entidad. Por ejemplo, si una tarea indica que lee (READ) un cliente, podría querer también sus pedidos (que están relacionados con el cliente a través de una relación en el diagrama de clases).

### 3.2 Generación de apps mediante transformación

Una vez se ha creado el modelo de tareas, y el modelo de dominio ha sido enriquecido con los estereotipos del perfil anteriormente descrito, llega el momento de la generación de la app.

Veamos a continuación cómo se ha realizado el proceso de generación en este caso.

#### 3.2.1 Generación basada en transformación modelo a texto de apps

El proceso de transformación de una serie de modelo en código se realiza a partir de una transformación modelo a texto (M2T). Existen distintos marcos de trabajo que permiten dicho tipo de transformaciones, siendo algunos de los más populares Acceleo, Xpand o Epsilon. En este caso se ha optado por el lenguaje EGL (Eclipse Generation Language) [9], un lenguaje basado en plantillas con una sintaxis cercana a OCL.

Una de las ventajas del marco de trabajo Epsilon es que las transformaciones escritas en EGL pueden ser orquestadas de manera sencilla usando el lenguaje EGX, el cual permite modularizar fácilmente la generación, algo imprescindible si no queremos crear un código de transformación imposible de mantener.

Durante el proceso de transformación de escrito en EGL se irán procesando los elementos de los modelos creados (tanto de tareas como de dominio), leyendo la información que se presenta en distintos modelos, e incluyendo los estereotipos que les hayan sido aplicados. Por ejemplo, para la generación en Android para cada clase se genera una clase en Java. Si, además, dicha clase contiene el estereotipo PersistentDomainClass, se le añadirán todas las anotaciones necesarias para que dicha clase se guarde en la base de datos usando el marco de trabajo Room [20] de Android. Adicionalmente, las clases extra necesarias para su uso en la app son generadas, como la propia clase de la base de datos o los DAO (Data Access Object), donde se describen las operaciones básicas como crear, borrar o modificar. Posteriormente, a partir de las relaciones con el estereotipo TaskDomainMapping, se crearán las consultas necesarias a la base de datos para devolver los datos requeridos. De igual manera, por ejemplo, para cada tarea abstracta del modelo de tareas que no incluya más de una tarea no abstracta será necesario crear una nueva pantalla (Activity en la terminología de Android).

Durante el proceso de transformación se van generando las interfaces de usuario XML de las distintas pantallas, y los recursos necesarios. Es necesario crear todas las cadenas de texto, colores, dimensiones u otros recursos necesarios para que las actividades generadas funcionen correctamente. La elección de los widgets usados depende del tipo de tipo de tarea, el tipo de información que dicha tarea manipula y la multiplicidad. Por ejemplo, si tenemos una tarea de selección (SELECT) que está relacionada con un atributo de tipo Color en el modelo de dominio, podríamos usar un ColorPicker para permitir que el usuario pueda elegir el color. Por otro lado, si la tarea de selección está relacionada con el nombre de un país (de tipo String), usaremos una lista desplegable para que el usuario seleccione el país.

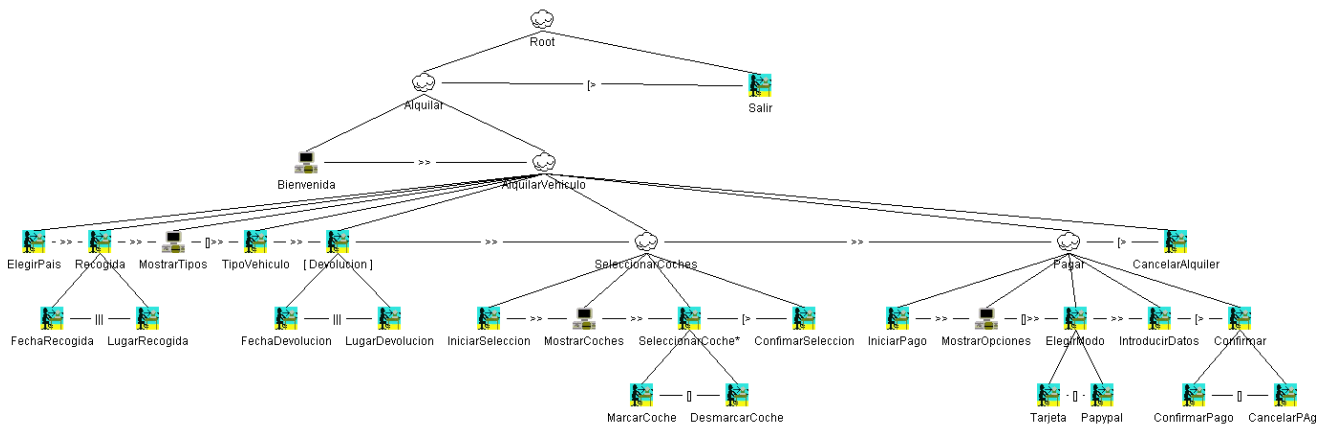


Figura 5. Modelo de tareas del caso de estudio.4 Un caso de estudio

Como ejemplo se ha escogido una aplicación de alquiler de vehículos. La Figura 6, muestra el modelo de dominio para dicha aplicación, donde se puede ver que tenemos alquileres (Rental) que incluyen vehículos (Vehicle), los cuales son de un tipo determinado (VehicleType). Adicionalmente, se representa el país donde se ha realizado el alquiler y el método de pago usado.

Las tareas que puede realizar el usuario a través de la aplicación se han especificado mediante un modelo de tareas expresado usando la notación CTT (véase la Figura 5). Dicha notación no sólo permite la especificación de las tareas que podrá realizar el usuario, si no también cuáles son las relaciones temporales que se pueden establecer entre ellas. Por ejemplo, se establece que – como es lógico antes de pagar el alquiler hay que seleccionar los coches. Durante el proceso de transformación se usará el modelo de tareas representado en formato XML.

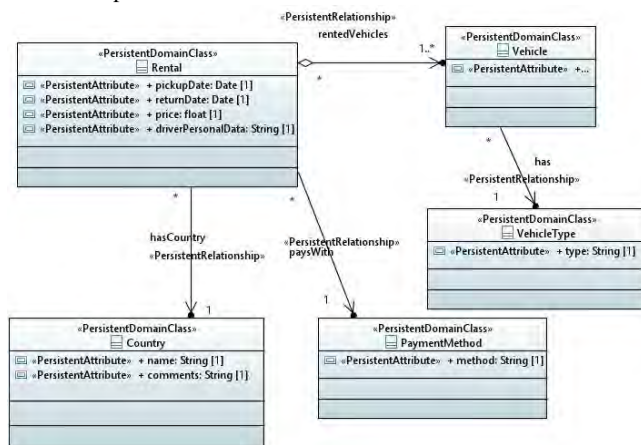


Figura 6. Modelo dominio del caso de estudio.

Finalmente, se establecen las correspondencias entre el modelo de tareas y el de dominio (véase la Figura 7). En dicho modelo puede observarse cómo las correspondencias entre las tareas y los elementos del modelo de dominio se pueden crear tanto entre tareas y clases como entre tareas y atributos de las clases. Esto es

necesario, ya que muchas veces sólo queremos manipular un atributo concreto de una clase, cuya especificación nos dará valiosa información sobre qué widgets escoger para realizar la tarea en liza.

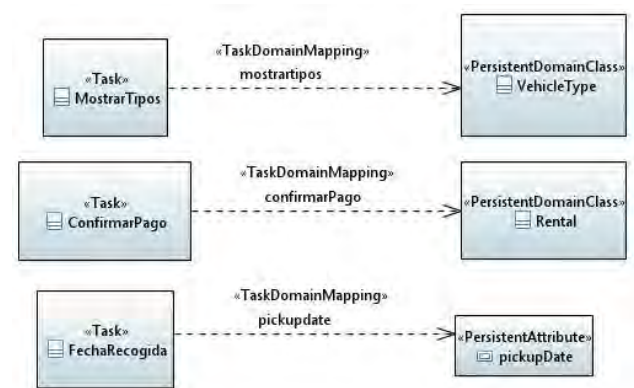


Figura 7. Correspondencias entre los modelos de tareas y dominio (fragmento).

La Figura 7 muestra los archivos fuente generados a partir de los tres modelos anteriormente descritos. En ellos se puede apreciar que se han creado 4 actividades y la capa de persistencia. Obsérvese que la capa de persistencia (incluida en la carpeta model) contiene, las entidades que se almacenarán (carpeta entity), los objetos de acceso a los datos (carpeta dao), los conversores de tipos de datos del modelo de dominio a la base de datos (en este caso para almacenar/leer las fechas), la propia base de datos, la vista (viewmodel) y el repositorio, de acuerdo a las buenas prácticas para la creación de aplicación en Android. Adicionalmente, se han generado los recursos necesarios en la carpeta res: la interfaz de usuario de las actividades (carpeta layout), los menús para dichas actividades, así como las cadenas de texto e información sobre la app que debe ser incluida en el manifiesto.

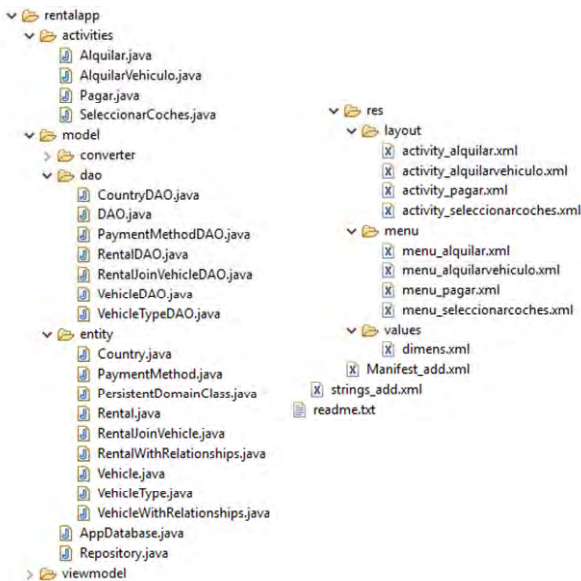


Figura 8. Código y recursos generados a partir de los modelos.

Para compilar la aplicación se debe hacer usando el entorno oficial para el desarrollo de aplicaciones para Android: Android Studio. Para ello habrá que crear un nuevo proyecto vacío y copiar las carpetas dentro del propio proyecto. Las instrucciones sobre cómo hacerlo exactamente también se generan dentro del fichero `readme.txt` que aparece en la Figura 8.

## 5 Lecciones aprendidas

Una de las primeras lecciones aprendidas durante el desarrollo de esta herramienta de generación de aplicaciones para dispositivos móviles, es la rapidez con la que evolucionan los propios entornos oficiales de desarrollo para dichas plataformas. Originalmente, se generaba todo el proyecto para Android Studio, incluyendo toda la configuración del propio proyecto. Sin embargo, esa idea se desechó, debido a los constantes cambios en dichos ficheros que Google realizaba, lo cual dificultaba mantener la herramienta correctamente.

Después de distintos casos de estudio, nos dimos cuenta de que la generación de aplicaciones para estos dispositivos que no tengan una interacción estándar (juegos, por ejemplo) es dificultosa, ya que requieren patrones de generación y especificación de modelos bastante distintos a los habituales.

Un aspecto que no se debe olvidar, es que los desarrolladores que hacen uso de la herramienta necesitan un cierto aprendizaje, esto se debe a que deben aprender cómo funciona el generador. Esto es especialmente relevante en el modelado de tareas, donde debido al enorme número de combinaciones posibles, no siempre todas las combinaciones producen interfaces de usuario apropiadas.

La introducción de un modelo que represente el aspecto deseado de la interfaz de usuario (Look&Feel) sería sencillo de introducir

en el caso de Android, ya que en las directrices de Google para el desarrollo de apps para Android [15] está detallado

## 6 Conclusiones y trabajo futuro

En este trabajo se ha presentado una aproximación dirigida por modelos para el desarrollo de aplicaciones móviles llamada UML2App. El objetivo final que se persigue es crear una herramienta capaz de generar la aplicación para distintos dispositivos, incluso que usen distintos sistemas operativos. Para ello se usa como base los modelos de tareas y de dominio. Dichos modelos son anotados a través de una serie de estereotipos especificados en un perfil UML. Mediante dichos estereotipos el diseñador es capaz de especificar cómo debe ser la generación de la aplicación. La propia generación de la aplicación se basa en el marco de trabajo de Epsilon, el cual garantiza que las propias transformaciones que producen la aplicación automáticamente se puedan ir actualizando de manera sencilla, al no estar directamente incluidas en el código del generador. La herramienta, denominada UML2App, soporta actualmente la generación para el marco de trabajo de Android, el cual ha sido elegido para ser el primero en ser soportado debido a su amplia expansión y a no requerir hardware específico para su desarrollo.

Actualmente, la herramienta presenta algunas limitaciones que se están abordando. En este sentido, el proceso de generación sería más preciso si se especificara un modelo de plataforma donde se describieran las capacidades de la propia plataforma destino. Este es un aspecto cuya importancia, sin embargo, se ha ido difuminando con la evolución de los propios marcos de trabajo de desarrollo para los dispositivos móviles. Por ejemplo, en Android la disposición de los componentes se realiza actualmente usando `ConstraintLayout` [5], que precisamente persigue que las interfaces de usuario descritas usando este elemento sean *responsive*.

Otro aspecto que se está abordando es mejorar la personalización de las aplicaciones generadas, para dar más flexibilidad al diseñador de la app. Por ejemplo, si prefiere una aplicación basada en pestañas (tabs) o no, qué elementos desea tener en la barra de acción (actionBar), etc. Estos aspectos, sin duda, contribuirían a mejorar la usabilidad de las aplicaciones generadas.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad de España, la Agencia Estatal de Investigación (AEI) / Fondos Europeos para el Desarrollo Regional (FEDER, UE) mediante Vi-SMART (TIN2016-79100-R) y el proyecto regional NeUX (SBPLY/17/180501/000192). Dicho proyecto está financiado por la Unión Europea, el fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Appian: Low-Code - Enterprise Application Development: 2019. <https://www.appian.com/>. Accessed: 2019-03-14.
- [2] Behrens, H. 2010. MDSD for the iPhone. Proceedings of the ACM international conference companion on Object oriented programming systems languages and

- applications companion - SPLASH '10 (New York, New York, USA, 2010), 123.
- [3] Bjørn-Hansen, A. et al. 2018. A Survey and Taxonomy of Core Concepts and Research Challenges in Cross-Platform Mobile Development. *ACM Computing Surveys*, 51, 5 (Nov. 2018), 1–34. DOI:<https://doi.org/10.1145/3241739>.
- [4] Bjørn-Hansen, A. et al. 2019. An Empirical Study of Cross-Platform Mobile Development in Industry. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2019, (Jan. 2019), 1–12. DOI:<https://doi.org/10.1155/2019/5743892>.
- [5] Build a Responsive UI with ConstraintLayout: 2019. <https://developer.android.com/training/constraint-layout>. Accessed: 2019-03-14.
- [6] Calvary, G. et al. 2003. A Unifying Reference Framework for multi-target user interfaces. *Interacting with Computers*, 15, 3 (Jun. 2003), 289–308. DOI:[https://doi.org/10.1016/S0953-5438\(03\)00010-9](https://doi.org/10.1016/S0953-5438(03)00010-9).
- [7] Dalmaso, I. et al. 2013. Survey, comparison and evaluation of cross platform mobile application development tools. 2013 9th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC) (Jul. 2013), 323–328.
- [8] Epsilon: 2019. <https://www.eclipse.org/epsilon/>. Accessed: 2019-03-12.
- [9] Epsilon Generation Language: 2019. <https://www.eclipse.org/epsilon/doc/egl/>. Accessed: 2019-03-14.
- [10] Fuentes, L. and Vallecillo, A. 2004. An introduction to UML profiles. *UML and Model Engineering*, 2, (2004), 6–13.
- [11] Gonzalez-Calleros, J.M. et al. 2009. Towards Canonical Task Types for User Interface Design. 2009 Latin American Web Congress (Nov. 2009), 63–70.
- [12] Heitkötter, H. et al. 2013. Cross-platform model-driven development of mobile applications with md 2. *Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on Applied Computing - SAC '13* (New York, New York, USA, 2013), 526.
- [13] Informe Ditrendia Mobile en España y el Mundo 2018: 2019. <http://mktefa.ditrendia.es/blog/todas-las-estadisticas-sobre-moviles-que-deberias-conocer-mwc18>. Accessed: 2019-03-08.
- [14] Limbourg, Q. et al. 2005. Usixml: A language supporting multi-path development of user interfaces. *Engineering Human Computer Interaction and Interactive Systems*, (2005), 200–220.
- [15] Material Design: 2019. <https://material.io/develop/android/>. Accessed: 2019-03-14.
- [16] Mendix: Low-code Application Development Platform: 2019. <https://www.mendix.com/>. Accessed: 2019-03-14.
- [17] Mobile App Development Market Research Report- Global Forecast to 2022: 2019. <https://www.marketresearchfuture.com/reports/mobile-app-development-market-1752>. Accessed: 2019-03-14.
- [18] Montero, F. et al. 2006. Solving the Mapping Problem in User Interface Design by Seamless Integration in IdealXML. 161–172.
- [19] Paternò, F. 1999. *Model-Based Design and Evaluation of Interactive Applications*. Springer-Verlag.
- [20] Room Persistence Library: 2019. <https://developer.android.com/topic/libraries/architecture/room>. Accessed: 2019-03-12.
- [21] Ruiz, J. et al. 2018. Evaluating user interface generation approaches: model-based versus model-driven development. *Software & Systems Modeling*, (Oct. 2018). DOI:<https://doi.org/10.1007/s10270-018-0698-x>.
- [22] Selic, B. 2003. The pragmatics of model-driven development. *IEEE Software*, 20, 5 (Sep. 2003), 19–25. DOI:<https://doi.org/10.1109/MS.2003.1231146>.
- [23] Umuhoza, E. and Brambilla, M. 2016. Model Driven Development Approaches for Mobile Applications: A Survey. 93–107.
- [24] Usman, M. et al. 2014. A Model-Driven Approach to Generate Mobile Applications for Multiple Platforms. 2014 21st Asia-Pacific Software Engineering Conference (Dec. 2014), 111–118.
- [25] Willocx, M. et al. 2015. A Quantitative Assessment of Performance in Mobile App Development Tools. 2015 IEEE International Conference on Mobile Services (Jun. 2015), 454–461.
- [26] Wong, J. et al. 2018. Magic Quadrant for Mobile App Development Platforms.

**Session 5B: Multimodal Interaction I (English)**







**Smart Home: Multimodal interaction for control of home devices**

Miguel Angel Contreras-Castañeda, Juan A. Holgado, Gonzalo Pomboza-Junes, Patricia Paderewski-Rodriguez and Francisco Luis Gutiérrez-Vela.

**Abstract:** This paper presents a novel multimodal interaction system that provides three modalities of human interaction to manage the supervision and control of a home automation system for people with limited physical mobility. The first one is based on a brain-control interface (BCI, Brain Computer Interface) by means of surface electroencephalographic electrodes (EEG) using a non-invasive Neurosky wearable. In this case, the control of the BCI is managed by the blinking of human eyes. The second one is based on a voice recognition system using spoken commands on a dialogue system. Finally, the third one is based on a configurable touch screen of a mobile device. All three-interaction modalities can be interchangeable according to user needs. The multimodal interaction system allows the control of home devices and appliances through a home gateway implemented on a resource-limited embedded system, which it is responsible to apply the user commands detected by the multimodal interface to the corresponding home devices. The set of commands can be configurable and extensible adapted to the needs and abilities of different users. For this research, a prototype of the system was developed to verify the interaction modalities. The system provided an adequate and comprehensible operation for users with different user profiles. Our initial tests show that multimodal control is valid for users who have limited physical mobility.

Notes/Notas:



**Designing visual interfaces to support voice input: The case of a TV application to request help in daily life tasks**

Rita Santos, Joana Beja, Mário Rodrigues and Ciro Martins.

**Abstract:** In the last years, voice has been used as an interaction mode in several devices such as smart speakers, mobile devices or television (TV). However, there seems to be a lack of practical recommendations about how visual interfaces can be designed to support the use of voice input in TV applications in certain tasks in a way to take advantage of the full potential of this interaction mode. This paper aims to present the design strategies adopted in a TV application targeting older adults which allows them to request help from a group of volunteers in daily life tasks and where voice is used in certain tasks such as to make the request instead of using the TV remote control. These strategies are discussed around three dimensions considered especially important when using voice-based input: information for voice usage, keeping the user informed and prompts to clarify system's doubts. The paper also presents the results of usability tests with potential users, in order to identify usability problems regarding the use of voice-based input to make the request and to gather information about how improve the usability of this feature. Study results indicate positive attitudes towards the use of voice input method and that older adults considered the use of voice easier than if they had to use a TV remote control to make a request. In a context where voice interaction appears as relevant for older adults, this study can contribute to more informed design strategies in multimodal interaction targeting this group.

Notes/Notas:

**Session 5C: HCI and Healthcare II (English)**



Interacción 2019

2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain



**A wearable system for path finding to assist elderly people in an indoor environment**

Mahmuda Rawnak Jahan, Faisal Ibn Aziz, Marium Binte Ibrahim Ema, Anika Binte Islam and Muhmmad Nazrul Islam.

**Abstract:** Elderly people tend to forget their path within their living areas for example, within their own residence or within the area of an old home due to the aging process. Moreover, in a developing country, the cost of caregivers for elderly adults is an extra burden to the family. Thus giving quality-care to elderly people has become a great concern to every nation specially to the developing countries. The objective of this thesis is to develop a wearable system to assist elderly people for path finding in indoor environment. In this thesis, firstly a requirements elicitation study was carried out to understand their needs and problems for the aging population for their normal movement in an indoor environment like old home. Secondly, a wearable system was developed using arduino, infrared module, speaker and GSM. The system includes two key features: a) The system can identify the current location of the elderly people within the specified area and taking destination as input, it gives audio guidance about the path direction to the user; and b) The elderly people can call the specific person giving him or her the current location from where the help is requested. Finally, a light-weighted experiment was conducted with twelve participants(elderly people) in an indoor environment. The evaluation result showed that the system works effectively and efficiently and also the participants showed satisfactions of using such kind of system for their well-being.

Notes/Notas:



**Neuromodulation system in closed loop for enhancing the sleep and the memory consolidation**

Nestor Garay-Vitoria, Andoni Arruti, José I. Martín, Javier Muguerza, Ainara Garzo, Erik Hernández, Ainhoa Álvarez, Jon Arambarri, Pedro M. Paz-Alonso, Manuel Carreiras and Ander Ramos.

**Abstract:** Recently, there has been growing interest in analyzing the relationship between sleep quality and brain capacities, in terms of memory consolidation and the possible appearance of degenerative diseases such as dementias, including Alzheimer. This paper presents the development of the neuromodulation closed-loop algorithms for sleep stages, spindles and slow-wave sleep (SWS) detection and stimulation generation based on a single electroencephalography (EEG) signal acquisition with the aim of developing a wearable device easy to wear and easy to use for the users. This work presents the characteristics of the system and the initial results.

Notes/Notas:

**Session 6A: Virtual and Augmented Reality  
(English)**



Interacción 2019

2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain





**Engaging users with an AR pervasive game for personal urban awareness**

Mónica Sánchez-Francisco, Federico Fabiano, Paloma Díaz and Ignacio Aedo.

**Abstract:** The combination of Augmented Reality (AR) and pervasive games in urban environments offers a great opportunity for learning about a specific urban environment. Since pervasive games are played in a physical space, the user familiarity with such environment might play a key role in the user motivation and in the whole user experience. In this paper, we analyse how an augmented reality pervasive game is experienced in an urban game. The aim of the game is to engage people in informal learning activities increasing their knowledge about a specific area. We also introduce the concept of Personal Urban Awareness (PUA) as a way to represent the level at which a person feels connected and knows about a specific environment. Thus, we try to find out whether the user engagement and PUA are related. In order to research this, we run an experiment where two groups of users, familiar with the environment and not familiar with it, play the augmented reality game in an urban space. The results suggest that AR pervasive games might be a good approach to engage citizens and improve their awareness about a specific area.

Notes/Notas:



**Do low cost Virtual Reality devices support learning acquisition?**

Paloma Díaz, Telmo Zarraonandia, Mónica Sánchez de Francisco, Ignacio Aedo and Teresa Onorati.

**Abstract:** Virtual Reality (VR) is a promising technology that has the potential to support engaging and effective learning processes. VR devices are becoming more commercially available and in the process, are opening up new opportunities and expectations in higher education. An open research question is determining whether the fidelity of the VR hardware (e.g. resolution, framerate, etc.) impacts the quality of knowledge attained. This work aims to address these research questions by conducting a study wherein the quality of the experience and the knowledge acquired using a high fidelity (and high priced) VR headset is compared against a lower fidelity (and lower priced) VR headset. The results of a study with 41 participants do not reveal any significant difference in terms of acquisition of learning and skills during spatial and experiential learning tasks. Furthermore, the user satisfaction and experience seem fairly similar regardless the type of headset used. This suggests that the integration of VR technology in the classroom might be achieved by means of less expensive low costs VR headsets.

Notes/Notas:

**Session 6B: Multimodal Interaction II (English)**





**Analyzing the performance of ASR systems: The effects of noise, distance to the device, age and gender**

Ana Rodrigues, Rita Santos, Jorge Abreu, Pedro Beça, Pedro Almeida and Sílvia Fernandes.

**Abstract:** In a Natural Language Interaction (NLI) solution, the efficiency of the Automatic Speech Recognition (ASR) component is a key issue. Considering this, the paper presents an analysis of the performance of three ASR systems on several noise scenarios resembling the interaction with the TV in a domestic environment. The evaluation setup resorted to commonly used input devices for voice interaction with a TV/Set-top Box: remote control with a microphone and two far-field microphones placed at different distances to the user. The analyses focused on cloud-based ASR systems (Google, Bing, and Nuance) that can be used in NLI approaches for Interactive Television in European Portuguese (EP), investigating the possible influence of noise, distance, gender and age on their performance. The results showed that Google is the most robust system followed by Bing and Nuance. The ASR performance tends to deteriorate with background noise and/or when the distance between the user and the input device increases. The ASR performance for Bing and Nuance is significantly affected by age but not for Google. All three ASR systems proved to be robust to gender variation. This work aimed at a better understanding of the behavior of ASR systems to operate in EP in different background noise scenarios considering that this is one of the languages that is still not in the training priorities of the main ASR players.

Notes/Notas:



**Modus Operandi: Implications of lengthy mode switching sequences in multitouch interaction**

Katherine Fennedy and Hyowon Lee.

**Abstract:** Evaluation of moded interaction techniques is essential in determining the optimal strategy to switch between the modes of a user interface. Performance can be evaluated when each technique is used to complete a given set of changing mode sequences. However, there have been limited variations in the patterns adopted by past studies, because all of their mode sequences were consistently presented in chunks of only 5 tasks at a time. Our study addresses the identified gap by expanding the chunk size by at least 10 times and diversifying the independent variables (i.e. patterns). Although we found that Persist outperforms User-Maintained Interaction technique overall, patterns with a clear presence of dominating mode are ideal for the latter (and supported locking feature) to thrive. Our findings show how an experimental modification can augment the existing understanding of moded interaction.

Notes/Notas:

**Influence of the environmental hostility level in an HCI system**

Mikel Pérez-Frutos, Asier Salazar-Ramírez, Maria Luz Álvarez, Raquel Martínez, José Ignacio Martín and Andoni Arruti.

**Abstract:** Systems that seek for a better human-computer interaction (HCI) are getting more common thanks to the advances technology. Although their functioning can be good, the user has to feel comfortable with the system as outer environmental conditions may affect how the user interacts with the system and, subsequently, how the user perceives the application. This work presents a simple HCI application based on a portable EEG headset that permits to control a table tennis videogame via eye blink detection. Through this game, the work studies how environmental hostility conditions may affect user performance of alternative HCI systems.

Notes/Notas:







**Session 6C: Accessibility III (English)**





**Expert-based assessment of an Augmentative and Alternative Communication tool**

Daniel Guasch, Israel Martin-Escalona, José A. Macías, Lourdes Moreno, Raquel Hervás and Susana Bautista.

**Abstract:** Nowadays, current technology provides new challenges to improve skills on people with special necessities. In fact, persons with communications needs can take advantage of new devices and mobile applications to interact and communicate easily and in the most straightforward way. In this paper, we present Easy Communicator application (ECO), an Augmentative and Alternative Communication (AAC) tool that facilitates functional communication to people with complex communication needs. ECO provides a user interface intended for both final users and experts/educators, allowing to configure the most important options for a suitable communication session. This system takes two different views into account: the Communication Manager and the Communication User. We have analyzed ECO and carried out a formative evaluation with experts, mainly related to the Manager Communication view. The idea was to assess usability and accessibility concerning AAC tools. This way, we asked evaluators to walkthrough the tool and complete two different questionnaires intended to measure perceived usability and check the most important accessibility requirements. Results were positive and provided evidences of usability and the achievement of accessibility requirements. All in all, such results will be used to refine existing requirements and create new ones to improve the tool and accomplish a summative evaluation with final users.

Notes/Notas:



**Accessibility-in-use of public e-services: An exploratory study including users with low vision**

Aritz Sala, Myriam Arrue, Xabier Valencia and J. Eduardo Pérez.

**Abstract:** Accessibility of public websites and e-services is essential for the development of e-Government. The provision of barrier-free public e-services would ensure the inclusion of all people and would especially benefit people with disabilities who would be able to perform administrative tasks electronically. Many studies have been carried out to evaluate the accessibility of public e-services. However, most of these studies rely on manual and automated evaluation and do not involve people with disabilities. In this paper, we present an accessibility-in-use evaluation based on an exploratory study of five public e-services with ten participants, five of whom were people with low vision. The preliminary results discussed in this paper reveal accessibility-in-use barriers for most of the participants but particularly for those with low vision even if the selected e-services claim to conform to existing accessibility standards and did not present critical accessibility issues according to the expert evaluation carried out. The results highlight some particular aspects to be considered for developing more accessible public e-services.

Notes/Notas:

**Lexical simplification approach to support the accessibility guidelines**

Lourdes Moreno, Rodrigo Alarcón-García, Isabel Segura-Bedmar and Paloma Martínez.

**Abstract:** Individuals with intellectual disabilities face accessibility barriers due to the fact that text contents found on web pages are often not accessible. In order to prevent this situation from occurring, Easy to Read, WCAG 2.1 and Plain Language guidelines, in addition to other accessibility guidelines which concern the accessibility of web interface must be followed. This article presents a study of accessibility guidelines and a system which performs lexical simplification in order to systematize compliance with accessibility guidelines, as well as generating an accessible user interface with the simplified text.

Notes/Notas:





**Presentation of Research Groups  
(English & Spanish)**







**The Interactive Systems Research Group at UC3M: Pervasive, social and multimodal computing for, with and by users**

Paloma Díaz and Ignacio Aedo.

**Abstract:** In this paper we describe research at DEI Lab at UC3M, our goals and assumptions on how we face HCI research, the areas and projects we are working at, and, how we envision our future.

Notes/Notas:



# The Interactive Systems Research Group at UC3M

Pervasive, social and multimodal computing for, with and by users

Paloma Díaz<sup>†</sup>  
Interactive Systems Group  
Universidad Carlos III de Madrid  
Leganes, Spain  
pdp@inf.uc3m.es

Ignacio Aedo  
Interactive Systems Group  
Universidad Carlos III de Madrid  
Leganes, Spain  
aedo@ia.uc3m.es

## ABSTRACT

In this paper we describe research at DEI Lab at UC3M, our goals and assumptions on how we face HCI research, the areas and projects we are working at, and, how we envision our future.

## CCS CONCEPTS

• Human-centered computing → Interaction Design

## KEYWORDS

Pervasive Computing; Virtual reality; Augmented Reality; Social Computing; NUI; co-design; end-user development

## Reference format:

Paloma Díaz, Ignacio Aedo. 2019. The Interactive Systems Research Group at UC3M Pervasive, social and multimodal computing for, with and by users. In *Proceedings of Interacción 2019*, 2 pages.

## 1 Introduction: how DEI LAB started

The Interactive Systems Research Group (DEI Lab [dei.inf.uc3m.es](http://dei.inf.uc3m.es)), was founded at Universidad Carlos III de Madrid (UC3M) in 1995 by three researchers in interactive technologies that, at that time, were basically web, hypermedia and ebooks [1, 2]. Since then interactive technologies have evolved dramatically and the open questions about their use, integration, adoption and efficacy have raised many multidisciplinary research challenges in Human Computer Interaction (HCI). In particular, the emergence of the Internet and the popularization of affordable devices, like smart phones, made it possible to interact with information and people everywhere and anytime. The democratization and pervasiveness of technologies have opened up many opportunities to explore how and why we design, develop and use them. In this context, our focus moved to more advanced interactions based on social and collaborative computing [3], pervasive computing (including mobile computing, virtual, augmented, and mixed reality) [4, 5], multimodal, natural and multi-device interaction [6, 7] and data visualization [8]. As directors of the DEI Lab, we describe here the research at DEI Lab, our goals and assumptions, the research lines we are working at, and how we envision our future.

## 2 Research vision at the DEI LAB

The vision of innovation of the GMD leader Dennis Tsichritzis as a way of “*shifting the standard practices of a community of people so that they are more effective at what they do*” [9] inspired our research since the beginning. Initial projects like CESAR and Hiper-Apunes support teachers and students in taking an active role by adapting the teaching and learning material to their needs. ARCE and SIGAME explore design techniques and principles to support effective collaboration amongst emergency management practitioners. Web engineering and interaction design tools like Ariadne, VEISIG and CODICE help designers in specifying and co-designing useful interactive systems. Design techniques and platforms like Embodied Narratives and GREP integrate children, teachers and non-experts in the design of educational games. Our work could be defined as *use-inspired research*, seeking to contribute to scientific problems by deploying solutions that are beneficial to society. In particular, we focus on three areas whose relevance is assessed in domains like e-learning, crisis management, health and digital culture: (1) the development of meta-models, methodologies and tools to support web engineering practices that intersperse HCI principles [1, 10, 11, 12]; (2) the study of the affordances of interactive technologies [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 14], and (3) the integration of users in the loop through participatory techniques and end-user (EUD) tools [4, 6, 10, 14, 15]. We always had a multidisciplinary vision of research and we strove to put users in the loop as active co-designers and co-creators. Thus, we investigate on pervasive, social and multimodal computing for, with and by users.

## 3 DEI Lab research projects

In this section we highlight some areas where we are currently developing most of our research.

**Virtual, augmented and mixed reality.** This kind of technologies promise many interaction affordances (engagement, embodiment, situated and social learning ...) that might be useful in many contexts as far as interaction is carefully designed. In projects like CREAX, PACE and CHIC we are exploring how to design usable and useful experiences in domains like cultural heritage, education, civic engagement or citizen science.

**Technologies to support civic engagement and participation.**

Some of our last projects, including PACE, meSch, slideWiki or CHIC, study how interactive technologies can be used to encourage citizens' participation in processes like emergency management, cultural heritage, education or citizen science. We are interested in exploring and assessing the role of technologies like social and pervasive computing, collaborative platforms, and gamification, to support sustainable user participation.

**Advanced visualization.** In the era of big data, technological solutions focusing on users, their goals and the decision processes supported by data are required. In this context, DEI Lab is researching on how to integrate semantic and immersive visualizations to improve decision making and user experience within the PACE and NOTRE projects. On the one hand, semantic visualization turns data into meaningful information. On the other, immersive environments increase engagement and focus.

**End-user development and participatory design.** As highlighted in the paper subtitle, integrating users in the loop has been a priority for our group. We are developing EUD tools for games, VR, AR and MR with a view to empower users to unleash their creativity in projects like CREAX. Tools and techniques to integrate all voices in co-design activities have also been developed in projects like meSch.

**Body-Centred Multimodal interaction.** In projects like The-Hearing-Body, MagicShoes, and AvatarRep, we are investigating how multisensorial interactive technologies can be used to alter the perception of one's body and surrounding space, emotional states and motor behavior. This research aims to inform the design of novel body-centred and wearable technologies to support people's needs related to emotional and physical health and for behaviour change, as well as to increase self-identification with avatars in immersive environments.

**4 Conclusions**

In this paper the founders of DEI Lab described this research group specialized in interaction design. During almost 25 years we have engaged in many projects that enriched us thanks to the interaction with new application domains and their stakeholders. Working on interactive systems made it possible to experience computer science as socio-technical career, where not only technologies but also people and contexts of use are relevant. Our future works will address some of challenges that pervasive technologies open, including how they support awareness, decision making, informal learning, collaboration or wellbeing. Our commitment with HCI and the Spanish community pushed us to actively participate in the origins of AIPO and organize Interacción 2002. We are engaged in introducing HCI in studies related with computer science, cultural heritage, educational technologies or business administration. This multidisciplinary view on HCI teaching takes shape in the Digital Living Initiative [18]. Finally, we always had an international perspective

promoting stays, visits and collaborations with researchers and groups all over the world. We are open for multidisciplinary collaboration to learn and do more productive and useful research.

**ACKNOWLEDGMENTS**

DEI Lab is currently formed by seven academics (the authors and Telmo Zarraonandía, Teresa Onorati, Andrea Bellucci, Marco Romano and Ana Tajadura-Jiménez) and many grad and PhD students. Nothing of this will have been possible without all the collaborators, students, visitors and friends who joined the group at some point. Mentioning all of them will be as impossible, as forgetting their contributions. Thanks Fivos, Nadia, Monica, Camino, Juanma, Miguel Ángel, Susana, Alessio, Steffen, Elisa, Jack, Mary Beth, David, Sara, Rosa, Sergio, Liam, Fabiom Gerhard, Kent, Murray Roxanne...

**REFERENCES**

- [1] Díaz, P., Aedo, I., & Panetsos, F. (1997). Labyrinth, an abstract model for hypermedia applications. Description of its static components. *Information Systems*, 22(8), 447-464.
- [2] Aedo, I., Catenazzi, N., & Díaz, P. (1996). The evaluation of a hypermedia learning environment: The CESAR experience. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 5(1), 49-72.
- [3] Díaz, P., Bellucci, A., Yuan, C. W., & Aedo, I. (2018). Augmented Experiences in Cultural Spaces through Social Participation. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 11(4), 19
- [4] Montero, A., Zarraonandia, T., Díaz, P., & Aedo, I. (2017). Designing and implementing interactive and realistic augmented reality experiences. *Universal Access in the Information Society*, 1-13.
- [5] Zarraonandia, T., Aedo, I., Díaz, P., & Montero, A. (2013). An augmented lecture feedback system to support learner and teacher communication. *British Journal of Educational Technology*, 44(4), 616-628
- [6] Bellucci, A., Romano, M., Aedo, I., & Díaz, P. (2016). Software support for multitouch interaction: the end-user programming perspective. *IEEE Pervasive Computing*, 15(1), 78-86.
- [7] Tajadura-Jiménez, A., Newbold, J., Zhang, L., Rick, P., & Bianchi-Berthouze, N. (2019). As Light as You Aspire to Be: Changing Body Perception with Sound to Support Physical Activity. *Proceedings CHI 2019*, May 4-9, 2019, Glasgow, Scotland, UK. ACM, New York, NY, USA.
- [8] Onorati, T., Díaz, P., & Carrion, B. (2019). From social networks to emergency operation centers: A semantic visualization approach. *Future Generation Computer Systems*, 95, 829-840
- [9] Denning, P. J. (1997). A new social contract for research. *Communications of the ACM*, 40(2), 132-135.
- [10] Díaz, P., Aedo, I., & Bellucci, A. (2017). Integrating End Users in Early Ideation and Prototyping: Lessons from an Experience in Augmenting Physical Objects. In *New Perspectives in End-User Development* (pp. 385-411). Springer, Cham
- [11] Díaz, P., Aedo, I., & Panetsos, F. (2001). Modeling the dynamic behavior of hypermedia applications. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 27(6), 550-572.
- [12] Díaz, P., Montero, S., & Aedo, I. (2005). Modelling hypermedia and web applications: the Ariadne Development Method. *Information Systems*, 30(8), 649-673.
- [13] Onorati, T., Malizia, A., Díaz, P., & Aedo, I. (2014). Modeling an ontology on accessible evacuation routes for emergencies. *Expert Systems with Applications*, 41(16), 7124-7134.
- [14] Aedo, I., Díaz, P., Carroll, J. M., Convertino, G., & Rosson, M. B. (2010). End-user oriented strategies to facilitate multi-organizational adoption of emergency management information systems. *Information processing & management*, 46(1), 11-
- [15] Zarraonandia, T., Díaz, P., & Aedo, I. (2017). Using combinatorial creativity to support end-user design of digital games. *Multimedia Tools and Applications*, 76(6), 9073-9098.
- [16] Onorati, T., Malizia, A., Díaz, P., & Aedo, I. (2014). Modeling an ontology on accessible evacuation routes for emergencies. *Expert Systems with Applications*, 41(16), 7124-7134.
- [17] Díaz, P., Giaccardi, E., & Aedo, I. (2011). Rethinking education in a changing world: toward a curriculum for digital living. *interactions*, 18(4), 64-68.

**Grupo de Investigación en Ingeniería de Sistemas Interactivos**

Maria Dolores Lozano, Jose A. Gallud, Victor M. R. Penichet, Ricardo Tesoriero, Juan Enrique Garrido Navarro, Elena de La Guía, Félix Albertos Marco, Habib M. Fardoun, Gabriel Sebastian, José María García and Cristian Cuerda

**Abstract:** El grupo de investigación ISE (Interactive Systems Engineering) centra su actividad en el área de investigación de Interacción Persona-Ordenador (IPO) y el desarrollo de Sistemas Interactivos. El grupo ISE realiza su actividad desde la Universidad de Castilla-La Mancha, en el Campus de Albacete, además de la actividad de varios de sus miembros en otras universidades. En este artículo se realiza una breve presentación del grupo.

Notes/Notas:

# Grupo de Investigación en Ingeniería de Sistemas Interactivos

María D. Lozano, Jose A. Gallud, Víctor M. R. Penichet, Ricardo Tesoriero, Juan E. Garrido, Elena de la Guía, Félix Albertos, Habib M. Fardoun, Gabriel Sebastián, Jose María García, Cristian Cuerda

Grupo ISE (Interactive Systems Engineering)

[www.iseresearch.com](http://www.iseresearch.com)

Instituto de Investigación en Informática de Albacete  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Albacete, España

## ABSTRACT

El grupo de investigación ISE (Interactive Systems Engineering) centra su actividad en el área de investigación de Interacción Persona-Ordenador (IPO) y el desarrollo de Sistemas Interactivos. El grupo ISE realiza su actividad desde la Universidad de Castilla-La Mancha, en el Campus de Albacete, además de la actividad de varios de sus miembros en otras universidades. En este artículo se realiza una breve presentación del grupo.

## CCS CONCEPTS

- Human-centered computing → Human-Computer Interaction, Interaction Design, Ubiquitous and mobile computing
- Applied Computing → Education, Life and medical sciences

## KEYWORDS

Distributed User Interfaces (DUI), Tangible User Interfaces (TUI), Model-based User Interface Development, Collaborative Environments, Ubiquitous and pervasive computing.

## 1 El Grupo de Investigación ISE

El grupo ISE (Interactive Systems Engineering) se constituye en 2011 con un conjunto de personas con experiencia previa en otros grupos de investigación desde el año 1995. El grupo forma parte del Instituto de Investigación en Informática de Albacete [1] de la Universidad de Castilla-La Mancha [2]. Actualmente está formado por 11 miembros, 8 de ellos doctores. La mayoría de ellos ejerce su actividad profesional como PDI de distintas universidades (4 en UCLM, 2 en UdL y 1 en KAU, Saudi Arabia). En la naturaleza del grupo está el carácter multidisciplinar propio del área HCI, y que se refleja en las constantes colaboraciones con investigadores y profesionales del área de la salud, la educación y las bellas artes, entre otros.

El objetivo principal del grupo es la investigación y desarrollo de sistemas interactivos avanzados integrando las propuestas metodológicas de la Ingeniería del Software junto con nuevas tecnologías y dispositivos que faciliten y mejoren la interacción de las personas con el entorno tecnológico que nos rodea. Para ello se tiene en cuenta la interacción de cualquier persona en

cualquier lugar, lo que incluye movilidad, ubicuidad y sensibilidad al contexto, adaptando los mecanismos de interacción a las características y necesidades de las personas.

Los miembros del grupo ISE forman parte, entre otras, de la Asociación para la Interacción Persona-Ordenador (AIPO), desde su fundación en el año 2000, participando ya en las primeras jornadas celebradas ese año en Granada.

## 2 Líneas de Investigación del Grupo ISE

A continuación, se detallan las líneas de investigación del grupo en las que se han conseguido importantes resultados que han dado lugar a varias tesis doctorales y más de un centenar de contribuciones científicas publicadas en revistas con índice de impacto y congresos con indicios de calidad, así como numerosos proyectos de investigación de carácter internacional, nacional y regional:

**Metodologías, modelos y lenguajes de especificación de interfaces de usuario.** Esta línea de investigación se puede considerar transversal a las demás, pues es donde se establecen las metodologías, modelos y herramientas para el desarrollo de interfaces de usuario aplicando el paradigma basado en modelos, que las demás líneas aplican y tienen en cuenta. Los trabajos en esta línea se plantean desde una perspectiva amplia en la que se integran las propuestas realizadas desde el ámbito de la Ingeniería del Software y de la Interacción Persona-Ordenador, intentando establecer puentes entre estas dos consolidadas disciplinas.

**Nuevos paradigmas y técnicas de interacción.** En esta línea de investigación se pretende avanzar en la investigación de nuevas formas de interactuar con los sistemas y proporcionar más funcionalidad reduciendo a la vez la complejidad para el usuario, con el objetivo de romper la barrera tecnológica que en muchas ocasiones se produce entre las personas y los sistemas informáticos. En esta línea se han aportado soluciones para el desarrollo de Interfaces de Usuario Distribuibles (DUI), permitiendo distribuir la interfaz de una aplicación en diferentes dispositivos. También se han aportado soluciones con la introducción de Interfaces de Usuario Tangibles (TUI) permitiendo utilizar objetos cotidianos como elementos de interacción, y también se trabaja en mecanismos de interacción

basado en movimiento, avanzando así en la interacción más allá del ratón y el teclado tradicional y todos ellos empleados en distintos dominios de aplicación.

#### **Sistemas ubicuos y aplicaciones móviles sensibles al contexto.**

Esta línea aborda el reto del desarrollo de aplicaciones para entornos “fuera del escritorio”. La tendencia de llevar la computación, y por tanto la interacción con los sistemas más allá del ordenador de escritorio, hace que cada vez cobre más importancia desarrollar aplicaciones que permitan la interacción en cualquier momento y lugar, mediante dispositivos móviles, que además soporten sensibilidad al contexto y permitan enriquecer la experiencia del usuario, que podrá centrarse más en la tarea a desarrollar y no tanto en la tecnología necesaria para ello. Estos entornos se caracterizan por ser entornos multidispositivo, y el reto actual en esta línea de investigación es conseguir hacer desaparecer la tecnología y los múltiples dispositivos y lograr que la interacción del usuario con el entorno sea intuitiva y natural.

**Entornos colaborativos para el trabajo en grupo.** Este objetivo aborda las necesidades de los entornos colaborativos para el trabajo en grupo. En concreto, dentro de esta línea se ha trabajado en entornos de e-learning abordando los problemas de conectividad tanto online como offline y en general, en entornos de aprendizaje basados en tecnología (TEL-Technology Enhanced Learning).

### **3 Proyectos y Actividades del Grupo ISE**

En cuanto a la actividad investigadora, el grupo mantiene numerosos contactos y colaboraciones con otros grupos de investigación tanto en el ámbito nacional como internacional. Estas colaboraciones han propiciado la organización de numerosos congresos y workshops de carácter internacional y nacional, entre los que cabe destacar los realizados en la línea de Interfaces de Usuario Distribuidas (DUI) en 2011, 2012, 2013, 2014 y 2016 [3], así como el IDEE 2012, 2013 y 2014 [4], el ISEC 2012, 2013 y 2014, el REHAB 2013, 2014, 2015 y 2016 [5], y el CADUI 2008. En el ámbito nacional, varias Escuelas de Verano de Informática en la Universidad de Castilla-La Mancha (EVI 2000 y 2003) y los congresos INTERACCIÓN 2008 y 2012.

Dentro de los trabajos previos realizados por el grupo, cabe destacar el desarrollo de varios prototipos aplicando DUIs y TUIs, entre ellos, destacamos Proxywork: Distributing Web Applications, NFCBook: Libro-juego interactivo con objetos tangibles. En el campo de la rehabilitación física y cognitiva, el grupo ha desarrollado varios prototipos en los que se ha colaborado con personal especializado del ámbito sanitario, y en colaboración con asociaciones locales de Albacete, en concreto, ASPRONA (Asociación para la Atención a Personas con Discapacidad Intelectual y sus Familias) y AFA (Asociación de Familiares de enfermos de Alzheimer) en las que se han realizado pruebas piloto de los siguientes prototipos desarrollados en esta línea: TrainAb: Sistema para la estimulación de capacidades cognitivas [8]. AlzGame: Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Atención de Personas Afectadas de Alzheimer [9].

Entre los proyectos desarrollados en el grupo, destacamos los siguientes. En el proyecto DEINUDI (TIN2011-27767-C02-01), aportamos la propuesta de una solución que permite la distribución y adaptación de aplicaciones interactivas basadas en Interfaces de Usuario Distribuidas en entornos con múltiples dispositivos (Multi-device Environments). La solución aportada permite que la interfaz de usuario de una aplicación interactiva pueda ser dividida, movida, copiada, clonada, etc. entre diferentes dispositivos, con iguales o diferentes sistemas operativos. De este modo, se permite que el usuario pueda decidir qué tareas quiere ejecutar en cada dispositivo dentro del rango de dispositivos que pueda tener a su disposición, ya sean smartphones, tablets, portátiles, etc. En los proyectos SIVIRE y EME-Rehab, recientemente finalizados, abordamos nuevos mecanismos de interacción basada en movimiento y gestos aplicados al campo de la rehabilitación física. En el proyecto SIVIRE se aporta un sistema virtual para la creación de ejercicios con interacción basada en movimiento para procesos de rehabilitación, que permite a los fisioterapeutas y médicos rehabilitadores crear ejercicios personalizados para cada paciente, adaptando los ejercicios a sus características y limitaciones físicas. En el proyecto EME-Rehab [10], se aporta un software para la edición y monitorización de ejercicios para procesos de rehabilitación, para permitir que los pacientes puedan realizar los ejercicios de rehabilitación creados para ellos con el sistema SIVIRE en su propio domicilio de forma fiable sin necesidad de desplazarse al centro de rehabilitación.

Actualmente se trabaja en el proyecto TecnoCRA [11], en el que se trabaja en la línea de investigación conocida como TEL (Technology-Enhanced Learning) para mejorar las limitaciones que experimentan los Colegios Rurales Agregados (CRA).

### **ACKNOWLEDGMENTS**

Muchos de los trabajos realizados en el grupo no habrían sido posibles sin la participación de muchas personas que pasaron por el grupo y actualmente ejercen su trabajo en la empresa o como autónomos, así como otros colaboradores y alumnos, a los que deseamos expresar nuestro agradecimiento.

### **REFERENCIAS**

- [1] Instituto de Investigación en Informática. <http://www.i3a.uclm.es>
- [2] Universidad de Castilla-La Mancha, <https://www.uclm.es>
- [3] DUI workshops. <http://dui.uclm.es/>
- [4] IDEE Workshops. <http://idee-workshop.org/>
- [5] REHAB workshops. <http://rehab-workshop.org/2016/>
- [6] Proxywork: Distributing Web Applications. <https://www.youtube.com/watch?v=MEC2Y5rVGXQ>
- [7] NFCBook. Libro-juego interactivo con objetos tangibles. <https://www.youtube.com/watch?v=zxwUPCRd32w>
- [8] TrainAb: Sistema para la estimulación de capacidades cognitivas <https://www.youtube.com/watch?v=JO-7Fu1-GN4>
- [9] AlzGame: Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Atención de Personas con Alzheimer. [https://www.youtube.com/watch?v=A32An1\\_pdgw](https://www.youtube.com/watch?v=A32An1_pdgw)
- [10] Proyecto EME-Rehab. <http://eme-rehab.iserresearch.com/>
- [11] Proyecto TecnoCRA. <http://blog.uclm.es/proyectotecnocra>

**METODO Research Group (University of Zaragoza)**

Carlos Flavian.

**Abstract:** METODO Research Group is a research group of the University of Zaragoza, recognized as a Reference Group by the Government of Aragon. Main research lines: 1. Interaction with Robots and AI: Analysis and understanding of how the progressive use of automated forms of interaction in services (e.g. Artificial Intelligence, robots, chatbots, etc.) is affecting customer perceptions, preferences and final choices. What are their effects on value creation, relationship outcomes, customer reactions and other related aspects on different service environments (health, education, banking, tourism and hospitality, etc.). 2. Interaction with immersive technologies (AR/XR/VR) Analysis of how the combination of reality-virtuality technologies allows consumers to have a more dynamic and autonomous role in their experiences and increase the perceived value. Analysis of the technology to be used and their effects in the different stages of the consumer decision process and the consumer journey (prepurchase, consumption and postpurchase situations). Study of the influence on the user's perceptions of at the technological embodiment, perceptual presence and behavioral interactivity. 3. Usability and Interaction with computers: Analysis of the influence of usability of websites on user perceptions, trust, privacy, usage intentions, satisfaction and loyalty. Study of the user experience from a global perspective to improve the final result of interaction with persons.

Notes/Notas:





# METODO Research Group (University of Zaragoza)

Carlos Flavián  
Department of Marketing

Management and Market Research  
University of Zaragoza (Spain)  
[cflavian@unizar.es](mailto:cflavian@unizar.es)

METODO Research Group is a research group of the University of Zaragoza integrated by researchers of different disciplines such as:

- Marketing
- Management
- Psychology

The Government of Aragon has recognized the group as a Reference Group.

METODO Research Group has participated in a large number of projects funded by competitive calls such as:

- 7 EU Framework
- Leonardo Lifelong Learning (Prog. of the EU)
- Retos de Colaboración
- Ministerio de Educación y Ciencia, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Ministerio de Economía y Competitividad, etc.
- Gobierno de Aragón or UZ.

## MAIN RESEARCH LINES

- Interaction with Robots and AI:  
Analysis and understanding of how the progressive use of automated forms of interaction in services (e.g. Artificial Intelligence, robots, chatbots, etc.) are affecting customer perceptions, preferences and final choices.  
What are their effects on value creation, relationship outcomes, customer reactions and other related aspects on different service environments (health, education, banking, tourism and hospitality, etc.).
- Interaction with immersive technologies (AR/XR/VR)  
Analysis of how the combination of reality-virtuality technologies allows consumers to have a more dynamic and autonomous role in their experiences and increase the perceived value. Analysis of the technology to be used and their effects in the different stages of the consumer decision process and the consumer journey (prepurchase, consumption and postpurchase situations). Study of the influence on the user's perceptions of the technological embodiment, perceptual presence and behavioral interactivity.
- Usability and Interaction with computers:  
Analysis of the influence of usability of websites on user perceptions, trust, privacy, usage intentions, satisfaction and loyalty.

Study of the user experience from a global perspective to improve the final result of interaction between persons and computers.

## KEYWORDS

- Usability
- Interaction
- Robots
- Artificial intelligence
- Immersive technologies
- Virtual reality
- Augmented reality
- Mixed reality

## GROUP MEMBERS

- [Carlos Flavian](#) (Group Chair)
- Khaoula Adkim
- Daniel Belanche
- Luis V. Casaló
- Vidal Díaz
- Carmina Fandos
- Miguel Guinalú
- Raquel Gurrea
- Sergio Ibañez-Sánchez
- Carlos Orús
- Alfredo Pérez-Rueda

## RECENTLY ORGANIZED ACTIVITIES

- [AIRSI2019](#) "Artificial Intelligence & Robotics in Service Interactions: Trends, Benefits & Challenges", Zaragoza 8-9 July of 2019.
- [Automated forms of interaction in services: current trends, benefits and challenges](#), Special Issue of [The Service Industries Journal](#)
- Artificial Intelligence in Hospitality and Tourism. Special Issue of the [International Journal of Contemporary Hospitality Management](#)

## RECENT PUBLICATIONS

- Belanche, D., Casaló, L. V., Flavián, C., (2019). Artificial intelligence in FinTech: understanding robo-advisors adoption among customers, INDUSTRIAL MANAGEMENT & DATA SYSTEMS. In press.
- Flavián, C.; Gurrea, R. and Orús, C. (2019). Feeling confident and smart with webrooming: understanding the consumer's path to

satisfaction, *JOURNAL OF INTERACTIVE MARKETING*, En prensa.

• Flavián, C., Ibáñez-Sánchez, S., & Orús, C. (2018). The impact of virtual, augmented and mixed reality technologies on the customer experience. *JOURNAL OF BUSINESS RESEARCH*. In press.

• Flavian, C., Guinalú, M. and Jordán, P. "Antecedents and consequences of trust on a virtual team leader", *EUROPEAN JOURNAL OF MANAGEMENT AND BUSINESS ECONOMICS*, Vol 28 (3). 2018. In press.

• Belanche, D., Casaló, L. V., Flavián, C., & Guinalú, M. (2018). Reciprocity and commitment in online travel communities. *INDUSTRIAL MANAGEMENT & DATA SYSTEMS*. In press.

• Casaló, L. V., Flavián, C., & Ibáñez-Sánchez, S. (2018). Influencers on Instagram: Antecedents and consequences of opinion leadership. *JOURNAL OF BUSINESS RESEARCH*. In press.

• Flavián, C.; Gurrea, R. and Orús, C. The influence of online product presentation videos on persuasion and purchase channel preference: The role of imagery fluency and need for touch, *TELEMATICS AND INFORMATICS*, Vol. 34 (8), December 2017: 1544-56.

• Casaló, L.V. Flavián, C. Ibáñez-Sánchez, S. Antecedents of consumer intention to follow and recommend an Instagram account", *ONLINE INFORMATION REVIEW*, Vol. 41 (7), 2017: 1046-1063.

• Casaló, L.V.; Flavián, C.; Ibáñez-Sánchez, S. Understanding Consumer Interaction on Instagram: The Role of Satisfaction, Hedonism, and Content Characteristics. *CYBERPSYCHOLOGY BEHAVIOR AND SOCIAL NETWORKING*, Vol. (6), 2017: 369-375.

• Orús, C.; Gurrea, R.; Flavián, C.; Facilitating imaginations through online product presentation videos: effects on imagery fluency, product attitude and purchase intention. *ELECTRONIC COMMERCE RESEARCH*. Vol. 12 (1). 2017: 661-700.

• Belanche, D.; Casaló, L. V.; Flavián, C. Understanding the cognitive, affective and evaluative components of social urban identity: Determinants, measurement, and practical consequences. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL PSYCHOLOGY*, Vol 50, 2017: 138-53.

• Belanche, D.; Flavián, C.; Pérez-Rueda, A. User adaptation to interactive advertising formats: The effect of previous exposure, habit and time urgency on ad skipping behaviors. *TELEMATICS AND INFORMATICS*. Vol. 37 (7) November, 2017: 961-972.

• Belanche; D. Flavián; C. Pérez-Rueda, A. Understanding interactive online advertising: congruence and product involvement in highly and lowly arousing, skippable video ads", *JOURNAL OF INTERACTIVE MARKETING*, Vol. 37, 2017: 75-88.

• R. Bagozzi, Belanche, D., Casaló, L. y Flavián, C. The role of anticipated emotions in purchase intention, *PSYCHOLOGY & MARKETING*, Vol. 33(8): 629-645 (August, 2016).

• Flavián, C., Gurrea, R. and Orús, C. Choice confidence in the webrooming purchase process: The impact of online positive reviews and the motivation to touch. *JOURNAL OF CONSUMER BEHAVIOUR* 15 (5), 2016. 459-476.

• L.V. Casaló; C. Flavián; M. Guinalú. y Y. Ekinci. Avoiding the dark side of positive online reviews: enhancing its usefulness for high risk averse consumers, *JOURNAL OF BUSINESS RESEARCH*, Vol. 68 (9), 1829-1835. 2015.

• L.V. Casaló; C. Flavián; M. Guinalú. y Y. Ekinci. Do online hotel rating schemes influence booking behaviors?, *INTERNATIONAL JOURNAL OF HOSPITALITY MANAGEMENT*, Vol. 49, 28-36. 2015.

• O. Aguilar, Fandos, C. y Flavián, C. What may lead you to recommend and revisit a hotel after a service failure instead of complaining?, *INTERNATIONAL JOURNAL OF CONTEMPORARY HOSPITALITY MANAGEMENT*, 27 (2) 2015: 214-235.

• D. Belanche; L.V. Casaló; C. Flavián; J. Schepers. Trust transfer in the continued usage of public e-services. *INFORMATION & MANAGEMENT*. 51 - 6, 627 - 640. 2014.

• D. Belanche; L.V. Casaló; C. Flavián. The Role of Place Identity in Smart Card Adoption. *PUBLIC MANAGEMENT REVIEW*. 16 - 8, pp. 1205 - 1228. 2014.

• L.V. Casaló; C. Flavián; M. Guinalú. New members' integration: Key factor of success in online travel communities. *JOURNAL OF BUSINESS RESEARCH*. 66, 6, 706-710. 2013.

• Flavián, C.; Longas, L. y Lozano, J. Market orientation: The key to the future of virtual universities. *INTERNATIONAL JOURNAL OF MANAGEMENT IN EDUCATION*. 7 (3), pp. 313-327. 2013.

• Flavián, C.; Longas, L. y Lozano, J. E-learning and market orientation in higher education. *EDUCATION AND INFORMATION TECHNOLOGIES*. 18 (1). pp. 69-83. 2013.

• R. Gurrea; C. Orús; C. Flavián. The role of symbols signalling the product status on online users' information processing. *ONLINE INFORMATION REVIEW*. 37,1, 8-27.2013.

• Belanche, D.; Casaló, L.; Flavián, C. Understanding the influence of social information sources on e-government adoption. *INFORMATION RESEARCH*. 17(3). pp 531. 2012.

• D. Belanche; L.V. Casaló; C. Flavián. Integrating trust and personal values into the technology acceptance model: The case of e-government services adoption. *CUADERNOS DE ECONOMÍA Y DIRECCIÓN DE LA EMPRESA*. 15 - 4, pp. 192 - 204. 2012.

• C. Flavián; R. Gurrea; C. Orús. An Integrative Perspective of Online Foraging Behavior with Search Engines. *PSYCHOLOGY & MARKETING*. 29 - 11, pp. 836 - 849. 2012.

• Casaló, L.; Flavián, C.; Guinalú, M. The generation of trust in the online services and product distribution: the case of Spanish electronic commerce. *JOURNAL OF ELECTRONIC COMMERCE RESEARCH*. 12(3), pp. 119 -213. 2011.

• Belanche, D.; Casaló, L.; Flavián, C. Adopción de servicios públicos online: un análisis a través de la integración de los modelos TAM y TPB. *REVISTA EUROPEA DE DIRECCIÓN Y ECONOMÍA DE LA EMPRESA*. 20. pp. 41-56. 2011.

• L.V. Casaló; C. Flavián; M. Guinalú. Antecedents and consequences of consumer participation in on-line communities: The case of the travel sector. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRONIC COMMERCE*. 15 - 2, pp. 137 - 167. 2010.

• L.V. Casaló; C. Flavián; M. Guinalú. Understanding the intention to follow the advice obtained in an online travel community. *COMPUTERS IN HUMAN BEHAVIOR*. 27 - 2, pp. 622 - 633. 2011.

• C. Flavián; R. Gurrea; C. Orús. Analyzing the emotional outcomes of the online search behavior with search engines. *COMPUTERS IN HUMAN BEHAVIOR*. 27-1, 540-551. 2011.

**UpnaLab: Future interactive devices and creative technologies**

Oscar Ardaiz, Asier Marzo, Luis M. Diaz De Cerio and Alfredo Pina.

**Abstract:** UpnaLab es un grupo de investigación de la Universidad Pública de Navarra, situado en el Campus Arrosadia de Pamplona. Las principales líneas de investigación son el desarrollo de dispositivos interactivos y tecnologías creativas. Somos un grupo recién creado y por lo tanto en los primeros pasos del comienzo de un grupo de investigación. Hemos empezado a crear un MakerSpace en la universidad y mejorando el temario de las asignaturas relacionadas con nuestras líneas de investigación. Tenemos buena proyección en revistas de alto impacto (Nature Com, PRL y PNAS), conferencias (CHI, UIST) y en el movimiento Maker (Hackaday e Instructables). Creemos que nuestro conocimiento de las ciencias básicas (acústica, óptica, electrónica y ciencias de los materiales) combinado con las técnicas para la creatividad tiene el potencial de crear investigación de impacto. En esta comunicación exponemos nuestra visión, algunos objetivos que nos gustaría debatir con la comunidad, y una serie de propuestas de colaboración.

Notes/Notas:

# UpnaLab: Future Interactive Devices and Creative Technologies

Oscar Ardaiz, Asier Marzo, Luis  
Díaz de Cerio, Alfredo Pina  
Estadística, Informática y Matemáticas  
Universidad Pública de Navarra  
Pamplona Navarra España  
{oscar.ardaiz, asier.marzo}@unavarra.es

## ABSTRACT

UpnaLab es un grupo de investigación de la Universidad Pública de Navarra, situado en el Campus Arrosadía de Pamplona. Las principales líneas de investigación son el desarrollo de dispositivos interactivos y tecnologías creativas. Somos un grupo recién creado y por lo tanto en los primeros pasos del comienzo de un grupo de investigación. Hemos empezado a crear un MakerSpace en la universidad y mejorando el temario de las asignaturas relacionadas con nuestras líneas de investigación. Tenemos buena proyección en revistas de alto impacto (Nature Com, PRL y PNAS), conferencias (CHI, UIST) y en el movimiento Maker (Hackaday e Instructables). Creemos que nuestro conocimiento de las ciencias básicas (acústica, óptica, electrónica y ciencias de los materiales) combinado con las técnicas para la creatividad tiene el potencial de crear investigación de impacto. Estamos interesados en establecer contacto con otros grupos de investigación para proyectos europeos, redes nacionales, organización de eventos e intercambio de estudiantes.

## 1 Nosotros

Somos un grupo de investigación, docencia e innovación muy joven formado por personal contratado y becarios de colaboración. Tenemos docencia en el grado y máster de ingeniería informática, pero estamos involucrados con electrónica, telecomunicaciones, mecánica e industrial.

Disponemos de 2 salas con unos 20 puestos de trabajo, así como con un pequeño laboratorio (16m<sup>2</sup>) con impresoras 3D, soldadores y herramientas básicas. Actualmente somos 2 profesores, 2 becarios de colaboración y 6 proyectistas.

Nuestra página web es [www.upnalab.com](http://www.upnalab.com) aunque todavía está en creación. Nuestras cuentas de Tweeter son @AsierMarzo y @oscarardaiz.

Tenemos colaboraciones con universidades (UPF de Barcelona, Bristol, Sussex, Glasgow, Copenhague y Sao Paulo), empresas nacionales (Topofab, Industrial AR, OSSICLES), y centros de producción artística (Medialab-Prado, Hangar).

## 2 Trabajo Actual

Trabajamos en dos líneas principales: dispositivos interactivos y tecnologías creativas. Existe bastantes puntos en común entre ambas líneas debido a que muchos dispositivos interactivos son tecnologías creativas o fruto de un proceso creativo.

## Dispositivos Interactivos

Somos expertos en tecnología ultrasónica para levitación [12][13][9], feedback táctil [14] y altavoces direccionales [5]; estamos democratizando esta tecnología [8][7] y tenemos una página donde colgamos instrucciones sobre cómo fabricar nuestros

proyectos de investigación [www.directfromthelab.com](http://www.directfromthelab.com).

Aplicamos estas tecnologías en Human-Computer-Interaction [18][15][19] para crear displays e interacciones que antes no eran posibles. También trabajamos con óptica [16] y microondas [17]. En general, creemos que combinar las ciencias básicas con la ingeniería conduce a los dispositivos interactivos más novedosos, algunos de los cuales formarán a ser parte de las tecnologías del futuro.

## Tecnologías creativas

Las tecnologías creativas se pueden clasificar en tres categorías: herramientas de soporte, aplicaciones software y dispositivos interactivos.

En cuanto a las herramientas creativas hemos investigado en entornos de brainstorming online “Wikideas y Creativity Connector” [1], gamificación de datos en redes sociales [10], editores de impresión 3D [6] , y editores de realidad aumentada [11]. En cuanto a aplicaciones software creativas hemos investigado en interacción midair [3][4], entornos de visualización 3D colaborativos[2], y escenarios de realidad virtual inmersiva [in progress].

## 3 Visión

Nuestra visión se puede resumir en los siguientes puntos:

- La curiosidad como motivación. Nuestra razón para hacer investigación es ver, entender y controlar lo que nadie ha visto, entendido o controlado antes.
- Multidisciplinariedad pragmática: informática, química, electrónica, óptica o acústica son herramientas que necesitas aprovechar para realizar las ideas más innovadoras.
- Realizar talleres donde los estudiantes puedan descubrir nuevos intereses así cómo desarrollar sus ideas y su creatividad. Los talleres suelen ser técnicos, pero también realizamos talleres basados en técnicas artísticas y de emprendizaje (object hacking, SCAMPER, hackaton...).
- Demos y Open Science: compartimos cómo construir nuevos dispositivos a través de videos, instrucciones y demostraciones.

- Nos gusta el lema de Google “Do cool things that matter” y guíamos nuestra investigación por los factores: (Innovation = Novelty + Usefulness, Coolness y Affordability).
- Estar al corriente de los problemas de alto impacto, los llamados proyectos “moonshot”.

#### 4 Objetivos

Además de los objetivos tradicionales de investigación, tenemos algún objetivo específico que nos gustaría comentar con el resto de grupos de investigación:

- Montar un MakerSpace dentro de la universidad donde reunir a alumnos con entusiasmo por la tecnología e iniciativa por resolver problemas.
- Queremos acoger más alumnos y alumnas con entusiasmo por desarrollar proyectos.
- Evaluar como apoyar a las mentes inquietas una vez acaben sus estudios, las becas de doctorado son la opción más económica, pero en la época actual no sabemos si el doctorando o el postdoctorado es la mejor opción para los estudiantes con potencial.
- Para financiar los proyectos además de las fuentes habituales para proyectos de investigación estamos evaluando crear un startup que tenga acceso a otras fuentes de financiación y redes de contactos.

#### 5 Intereses de colaboración

Nos gustaría colaborar con otros grupos de investigación para:

- Crear una conferencia gratuita donde se da especial importancia a las demos de dispositivos y sistemas interactivos.
- Involucrar a centros de producción artística (Medialab-Prado, Hangar) en la comunidad investigadora. Por ejemplo, con un track de arte y tecnología.
- Crear un master interuniversitario, con otros grupos de investigación pequeños que no lo tengan.
- Crear un concurso-reto relacionado con Human-Computer-Interaction para que nuestros estudiantes realicen proyectos con visibilidad (tipo motostudent, Code Jam, Arduino Maker Challenge...).
- Establecer mecanismos de colaboración para estabilizar laboralmente a nuestros investigadores, difundiendo cualquier plaza laboral.
- Participar en proyectos colaborativos.
- Crear una cátedra o instituto de investigación interuniversitaria. ¿que empresa nacional estaría interesada en apoyarla?

Y no menos importante nos gustaría colaborar en buscar fuentes de financiación para las actividades anteriores y así como para:

- Establecer comunicaciones y debates sobre como acceder a financiación europea.
- Como financiar el intercambio de estudiante a nivel nacional.

#### REFERENCES

- [1] Oscar Ardaiz-Villanueva, Xabier Nicuesa Chacón, Oscar Brene Artazcoz, María Luisa Sanz de Acedo Lizarraga, María Teresa Sanz de Acedo Baquedano Evaluation of computer tools for idea generation and team formation in projectbased learning. *Computers & Education* 56(3): 700-711
- [2] Oscar Ardaiz, Ernesto Arroyo, Valeria Righi, Oriol Galimany, Josep Blat: Virtual collaborative environments with distributed multitouch support. *EICS* 2010: 235-240
- [3] Benoît Bossavit, Asier Marzo Pérez, Oscar Ardaiz-Villanueva, Alfredo Pina: Hierarchical Menu Selection with a Body-Centered Remote Interface. *Interacting with Computers* 26(5): 389-402 (2014)
- [4] Benoît Bossavit, Asier Marzo Pérez, Oscar Ardaiz, Luis Díaz de Cerio, Alfredo Pina: Design Choices and Their Implications for 3D Mid-Air Manipulation Techniques. *Presence* 23(4): 377-392 (2014)2013
- [5] Bourlând, Anne-Claire, et al. "Project telepathy." *interactions* 25.5 (2018): 16-17.
- [6] Ezcurdiá Iñigo, Ardaiz Oscar, "Interfaz y servicio web para la creación, edición y personalización de mapas tangibles imprimibles en tres dimensiones" TFM Univ. Pública Navarra, <https://academicia-e.unavarra.es/handle/2454/25698>
- [7] Marzo, A., et al. "Realization of compact tractor beams using acoustic delay-lines." *Applied Physics Letters* 110.1 (2017): 014102.
- [8] Marzo, Asier, Adrian Barnes, and Bruce W. Drinkwater. "TinyLev: A multi-emitter single-axis acoustic levitator." *Review of Scientific Instruments* 88.8 (2017): 085105.
- [9] Marzo, Asier, and Bruce W. Drinkwater. "Holographic acoustic tweezers." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116.1 (2019): 84-89.
- [10] Marzo, Asier, and Oscar Ardaiz. "Avatars: playing with your friends' data." *CHI'12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 2012.
- [11] Marzo, Asier, and Oscar Ardaiz. "CollART: a tool for creating 3D photo collages using mobile augmented reality." *Proceedings of the 21st ACM international conference on Multimedia*. ACM, 2013.
- [12] Marzo, Asier, et al. "Holographic acoustic elements for manipulation of levitated objects." *Nature communications* 6 (2015): 8661.
- [13] Marzo, Asier, Mihai Caleap, and Bruce W. Drinkwater. "Acoustic virtual vortices with tunable orbital angular momentum for trapping of mie particles." *Physical review letters* 120.4 (2018): 044301.
- [14] Marzo, Asier, Tom Corkett, and Bruce W. Drinkwater. "Ultraino: An open phased-array system for narrowband airborne ultrasound transmission." *IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control* 65.1 (2018): 102-111.
- [15] Marzo, Asier. "GauntLev: A wearable to manipulate free-floating objects." *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 2016.
- [16] McIntosh, Jess, Asier Marzo, and Mike Fraser. "Sensir: Detecting hand gestures with a wearable bracelet using infrared transmission and reflection." *Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*. ACM, 2017.
- [17] McIntosh, Jess, et al. "DeskWave: Desktop Interactions Using Low-cost Microwave Doppler Arrays." *Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 2017.
- [18] Omirou, Themis, et al. "LeviPath: Modular acoustic levitation for 3D path visualisations." *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 2015.
- [19] Sahoo, Deepak Ranjan, et al. "Joled: A mid-air display based on electrostatic rotation of levitated janus objects." *Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology*. ACM, 2016.

**Grupo Human Language and Accessibility Technologies (HULAT)**

Paloma Martínez Fernández.

**Abstract:** El Grupo Human Language and Accessibility Technologies (HULAT) [1], antiguo Grupo LaBDA (Grupo de Bases de Datos Avanzadas), está constituido por un equipo de profesores y profesionales en el sector de las tecnologías de la información, así como varios investigadores predoctorales y técnicos de apoyo a la investigación. Está dirigido por las catedráticas Paloma Martínez Fernández y Belén Ruiz Mezcua. El grupo pertenece al Departamento de Informática de la Universidad Carlos III de Madrid. Miembros del grupo pertenecen al CESyA (Centro Español de Subtitulado y Audiodescripción) [2] centro técnico de Referencia en Accesibilidad audiovisual (Ley 28/2007, Ley 55/2007, RD 1/2013). Mantenemos estrechas colaboraciones con varias empresas y trabajamos en proyectos de I+D+i relacionados con tecnologías de tratamiento del lenguaje natural y accesibilidad. Somos autores de publicaciones de impacto, y participamos asiduamente en distintos foros científicos. Además, en el grupo de investigación se realizan tesis doctorales en las líneas de investigación del grupo. Hacemos transferencia de nuestras investigaciones a través de la firma de convenios y contratos con empresas y organismos dando soporte en la incorporación de cambios tecnológicos que quieran realizar. Algunos de sus miembros participan en asociaciones científicas como AIPO (Asociación para la Interacción Persona-Ordenador en España), CHISPA (Capítulo en España de ACM-SIGCHI), ACM-SIGCHI y SEPLN (Sociedad Española para el Procesamiento del Lenguaje Natural). Disponemos de laboratorios para realizar nuestras investigaciones: el propio del laboratorio del grupo en el campus de la Escuela Politécnica Superior de la UC3M, además del laboratorio de accesibilidad del CESyA ubicado en el Parque Tecnológico de la UC3M.

Notes/Notas:



# Grupo Human Language and Accessibility Technologies (HULAT)

Departamento de Informática, Universidad Carlos III de Madrid

Paloma Martínez Fernández [pmf@inf.uc3m.es](mailto:pmf@inf.uc3m.es)

## RESUMEN

El Grupo Human Language and Accessibility Technologies (HULAT) [1], antiguo Grupo LaBDA (Grupo de Bases de Datos Avanzadas), está constituido por un equipo de profesores y profesionales en el sector de las tecnologías de la información, así como varios investigadores predoctorales y técnicos de apoyo a la investigación. Está dirigido por las catedráticas Paloma Martínez Fernández y Belén Ruiz Mezcuca. El grupo pertenece al Departamento de Informática de la Universidad Carlos III de Madrid. Miembros del grupo pertenecen al CESyA (Centro Español de Subtitulado y Audiodescripción) [2] centro técnico de Referencia en Accesibilidad audiovisual (Ley 28/2007, Ley 55/2007, RD 1/2013).

Mantenemos estrechas colaboraciones con varias empresas y trabajamos en proyectos de I+D+i relacionados con tecnologías de tratamiento del lenguaje natural y accesibilidad. Somos autores de publicaciones de impacto, y participamos asiduamente en distintos foros científicos. Además, en el grupo de investigación se realizan tesis doctorales en las líneas de investigación del grupo.

Hacemos transferencia de nuestras investigaciones a través de la firma de convenios y contratos con empresas y organismos dando soporte en la incorporación de cambios tecnológicos que quieran realizar.

Algunos de sus miembros participan en asociaciones científicas como AIPO (Asociación para la Interacción Persona-Ordenador en España), CHISPA (Capítulo en España de ACM-SIGCHI), ACM-SIGCHI y SEPLN (Sociedad Española para el Procesamiento del Lenguaje Natural).

Disponemos de laboratorios para realizar nuestras investigaciones: el propio del laboratorio del grupo en el campus de la Escuela Politécnica Superior de la UC3M, además del laboratorio de accesibilidad del CESyA ubicado en el Parque Tecnológico de la UC3M.

## 1 Líneas principales de investigación

El Grupo HULAT ha trabajado en proyectos de I+D+i principalmente en torno a dos grandes líneas de investigación básicas: tecnologías de la accesibilidad y de tratamiento del lenguaje natural.

### 1.2 Tecnologías de Accesibilidad

En el marco de esta línea de investigación trabajamos en el diseño de enfoques metodológicos para desarrollo de aplicaciones y

servicios accesibles, integrando requisitos de accesibilidad en el proceso de desarrollo software siguiendo normativa y marco regulador en España, Europa e Internacionalmente. Además, realizamos trabajos de investigación en el diseño de interfaces de usuario accesibles y personalizados a distintos grupos de personas con discapacidad (discapacidad visual, auditiva, movilidad reducida, personas mayores). Trabajamos en distintos dominios como la eAdministración, empresa, educación, salud, cultura, etc. El grupo HULAT participa en elaboración de normas nacionales como en norma de AENOR, PNE 71362: 2017 Calidad de Materiales Educativos Digitales.

En el marco del CESyA se realizan distintas actividades como seguimiento de los servicios de accesibilidad en la TDT, servicio de información de la oferta cultural accesible; y soluciones tecnológicas como una aplicación de comunicación Accesible (Blappy).

En esta línea se han liderado proyectos nacionales como eGovernAbility Project (TIN2014-52665-C2-1-R): Marco basado en modelos para el desarrollo de servicios accesibles en la e-Administración), proyecto coordinado con el grupo de investigación EGOKITUZ de la Universidad EHU/UPV. Además, se tiene una extensa experiencia en la dirección de proyectos de investigación junto con empresas en el marco de convocatorias AVANZA como DISUIPA (Desarrollo de una plataforma personalizable de acceso público a Internet para personas con discapacidad).

### 1.2 Tecnologías de Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN)

En el marco de esta línea de investigación se incluyen trabajos sobre tecnologías del lenguaje aplicadas a sistemas de recuperación y extracción de información, clasificación de textos y simplificación de textos. El grupo trabaja principalmente en el dominio biomédico analizando textos de distinto tipo (publicaciones científicas, redes sociales, narrativa clínica, etc.)

Se ha participado en el desarrollo de recursos empleados para entrenar y evaluar sistemas (corpora) así como recursos semánticos (ontologías) para su integración en distintos sistemas. Algunos de estos recursos son el corpus DDI (Drug-Drug Interactions) que incluye 1,025 documentos anotados, 18,502 fármacos y 5,028 DDIs o la ontología DINTO, que representa el conocimiento fármacos e interacciones: 11,555 DDIs y 8,786 entidades farmacológicas.

En la actualidad el grupo HULAT desarrolla el proyecto DeepEMR (TIN2017-87548-C2-1-R), dedicado a la aplicación de métodos de aprendizaje profundo (deep learning) para el

procesamiento de las Historias Clínicas Electrónicas (HCE). Además, el grupo tiene una prolongada experiencia en proyectos de investigación competitivos relacionados con las tecnologías del lenguaje natural y su aplicación al dominio biomédico. Algunos de estos proyectos son el proyecto ISSE (FIT-350300-2007-75), dedicado a la mejora de la interoperabilidad semántica para la sanidad electrónica, el proyecto MULTIMEDICA (TIN2010-20644-C03-01), cuyo objetivo fue investigar en técnicas de extracción de información en textos divulgativos y científicos sobre salud, y el proyecto europeo TrendMiner (FP7-ICT 287863), donde se investigó si las redes sociales podrían ser una fuente de información valiosa para la detección de efectos adversos que no habían sido detectados durante la fase de ensayos clínicos de los medicamentos.

El grupo perteneció durante 8 años a la red MAVIR una red de investigación co-financiada por la Comunidad de Madrid y el Fondo Social Europeo bajo los programas de I+D en TIC.

### 1.3 Aplicación de tecnologías de PLN para la mejora de la comprensión a la información

Como sinergia entre las dos líneas anteriores, se está trabajando en una línea de accesibilidad cognitiva utilizando métodos de PLN.

Hay barreras de accesibilidad menos exploradas como son las cognitivas en el acceso a la información. Se ha trabajado en seleccionar pautas de accesibilidad cognitiva y distinguir métodos de PLN que den soporte a la verificación de estas pautas.

En la actualidad se ha obtenido bajo convocatoria competitiva la ayuda "tecnologías accesibles" de Indra y Fundación Universia y se está desarrollando el proyecto EASIER sobre accesibilidad cognitiva. En el marco de este proyecto se está trabajando en el diseño y desarrollo de un sistema que se adapte a la capacidad de comprensión de cada persona mediante una simplificación léxica del contenido textual en español teniendo en cuenta las pautas de accesibilidad (WCAG) relativas al lenguaje, las pautas de Lectura Fácil y pautas de lenguaje llano. Además, se investiga en la aplicación de pautas de accesibilidad cognitiva orientadas a cómo diseñar una interfaz de usuario.

### REFERENCES

- [1] Grupo HULAT: <http://hulat.inf.uc3m.es/>
- [2] CESyA: <http://www.cesya.es/>



**Laboratorio de interacción con el usuario e ingeniería del software**

Pascual González, Antonio Fernández-Caballero, María Teresa López, Víctor López-Jaquero, Francisco Montero, José Pascual Molina, Rafael Morales, Elena Navarro and José Luis de la Vara.

**Abstract:** En este artículo se presenta el grupo de investigación Laboratorio de Interacción con el Usuario e Ingeniería del Software (LoUISE), perteneciente a la Universidad de Castilla-La Mancha.

Notes/Notas:

# Laboratorio de interacción con el usuario e ingeniería del software

Pascual González López<sup>†</sup>  
Dep. Sistemas Informáticos  
Univ. de Castilla-La Mancha  
Albacete, España  
Pascual.Gonzalez@uclm.es

Antonio Fernández Caballero  
Dep. Sistemas Informáticos  
Univ. de Castilla-La Mancha  
Albacete, España  
Antonio.Fdez@uclm.es

M. Teresa López Bonal  
Dep. Sistemas Informáticos  
Univ. de Castilla-La Mancha  
Albacete, España  
Maria.LBonal@uclm.es

Víctor López Jaquero  
Dep. Sistemas Informáticos  
Univ. de Castilla-La Mancha  
Albacete, España  
VictorManuel.Lopez@uclm.es

Francisco Montero Simaro  
Dep. Sistemas Informáticos  
Univ. de Castilla-La Mancha  
Albacete, España  
Francisco.MSimarro@uclm.es

José P. Molina Massó  
Dep. Sistemas Informáticos  
Univ. de Castilla-La Mancha  
Albacete, España  
JosePascual.Molina@uclm.es

Rafael Morales Herrera  
Dep. Ing. Eléctrica, Electrónica,  
Automática y Comunicaciones  
Univ. de Castilla-La Mancha  
Albacete, España  
Rafael.Morales@uclm.es

Elena Navarro Martínez  
Dep. Sistemas Informáticos  
Univ. de Castilla-La Mancha  
Albacete, España  
Elena.Navarro@uclm.es

José L. de la Vara González  
Dep. Sistemas Informáticos  
Univ. de Castilla-La Mancha  
Albacete, España  
JoseLuis.delaVara@uclm.es

## RESUMEN

En este artículo se presenta el grupo de investigación Laboratorio de Interacción con el Usuario e Ingeniería del Software (LoUISE), perteneciente a la Universidad de Castilla-La Mancha.

## CCS CONCEPTS

- Human-centered computing

## PALABRAS CLAVE

Interacción persona-ordenador; Desarrollo basado en modelos; Realidad virtual y nuevos paradigmas; Sistemas interactivos inteligentes; Calidad; Sistemas colaborativos; e-health; Sistemas ciber-físicos y sistemas críticos complejos

## 1 Introducción

La interacción Personas-Ordenador o *Human-Computer Interaction* (HCI), como disciplina, ha sido una de las que más tarde se ha incorporado a los currícula de las titulaciones de informática en nuestro país. Esta tardanza provocó que el nacimiento y creación de grupos de investigación ligada a esta disciplina haya requerido más tiempo para su desarrollo y consolidación.

Fruto del surgimiento de grupos asociados a la investigación en HCI, en junio del año 2000 se realiza las primeras Jornadas de Interacción Persona-Ordenador. Durante el transcurso mismas se constituye de manera definitiva la Asociación Interacción Persona-Ordenador (AIPO), de la que formamos parte desde sus inicios.

Es en este contexto, cuando en el año 2000 se crea el Laboratorio de Interacción con el usuario e Ingeniería del Software (LoUISE). El cual intenta aunar los trabajos realizados en el ámbito de la informática gráfica y la ingeniería del software de sus primeros integrantes. Desde entonces el grupo LoUISE ha ido creciendo y en la actualidad, éste se ha ido diversificando, incorporando no sólo a doctores en informática, sino a doctores en otras disciplinas como ingenierías mecatrónica o telemática, a la vez que establecido grandes lazos con otros grupos en el ámbito de la psicología o la medicina, con los que colabora en la realización de trabajos de investigación y en la petición de proyectos. Por tanto, se puede considerar que el grupo LoUISE, que surge de la fusión de varias materias, ha seguido siendo capaz de integrar en su trabajo a investigadores de diferentes disciplinas, en la línea de la multidisciplinairidad de la interacción persona-ordenador, lo que consideramos como una seña de identidad y un valor que nos permite alcanzar grandes resultados.

## 2 Composición del equipo y líneas de Investigación

En la actualidad el equipo de investigación está formado por 9 doctores, seis de ellos profesores de la Escuela Superior de Ingeniería Informática y dos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, ambas pertenecientes a las Universidad de Castilla-La Mancha y sitas en Albacete, y recientemente se ha incorporado al grupo un investigador Ramón y Cajal que completa la plantilla estable del equipo de investigación. Junto a ello en la actualidad se cuenta con dos becarios FPU y uno FPI y

otros cinco estudiantes que recientemente se han incorporado para realizar su tesis doctoral dirigidos por miembros del grupo. En cuanto a las líneas de investigación, éstas han ido evolucionando con el tiempo. Una de las primeras líneas de trabajo, la cual ha marcado considerablemente la evolución del grupo, ha sido el diseño de sistemas interactivos basados en modelos. En este ámbito, junto al desarrollo de diferentes propuestas, se ha trabajado directamente con el profesor Jean Vanderdonck en el desarrollo de *UsiXML*, propuesta que ha sido aplicada con éxito a distintos ámbitos entre ellos los sistemas adaptativos y/o los colaborativos. El desarrollo basado en modelos aplicado a los sistemas adaptativos y/o los colaborativos, junto con la calidad como elemento básico de estos sistemas, fueron unas de las líneas iniciales que han marcado el saber hacer de nuestro grupo, lo cual se ha reflejado en numerosos artículos y tesis doctorales defendidas con dicha temática. Junto a ello, derivado de los trabajos realizados en el ámbito de la informática gráfica, otro de los intereses del grupo desde sus inicios ha sido la Realidad Virtual, donde se han desarrollado varias tesis doctorales, disponiendo asimismo de un equipamiento bastante avanzado y completo. A dicha línea, en la actualidad, se han incorporado otros paradigmas de interacción como Realidad Aumentada, Interacción gestual, BCI, etc., que estamos aplicando con éxito en el desarrollo de sistemas para *e-health*. Por último, los trabajos en reconocimiento de patrones y visión artificial aplicada a HCI, junto a la fusión de la información han sido otro de los ejes directores de nuestra investigación, abriendo el camino para el tratamiento de otro tipo de señales para la captación de emociones o gestos utilizando técnicas de visión. En base a estos ejes directores, actualmente tenemos cuatro grandes líneas de trabajo (ver figura 1): Ingeniería del software y HCI; Interfaces de próxima generación; Interacción natural y artificial de sistemas; Computación ubicua.



Figura 1: Líneas de investigación y dominios de aplicación.

Aunque en el pasado hemos estado centrados en otros dominios de aplicación, en la actualidad nos centramos principalmente en el ámbito de la salud y especialmente en el desarrollo de propuestas que permitan a los especialistas crear terapias que puedan llevarse a cabo en el hogar de los afectados, sistemas de tele-rehabilitación y tele-asistencia. Dentro de este dominio hemos desarrollado soluciones tanto en el ámbito de la infancia como en el de personas mayores. Igualmente estamos trabajando con afectados

de perfiles muy diferentes (Daño Cerebral Sobrevenido o Esquizofrenia, por ejemplo). Por otra parte, también estamos interesados en el diseño y aseguramiento de calidad de sistemas ciber-físicos y sistemas críticos complejos.

Todo ello nos ha permitido mantener un nivel de publicaciones que consideramos relevante. Como puede verse en la figura 2, en los últimos cinco años hemos publicado algo más de 100 artículos en revistas indexadas en JCR, con un alto porcentaje de ellas situadas en el primer cuartil, incluso alcanzando la publicación de 7 artículos en revistas del primer decil.

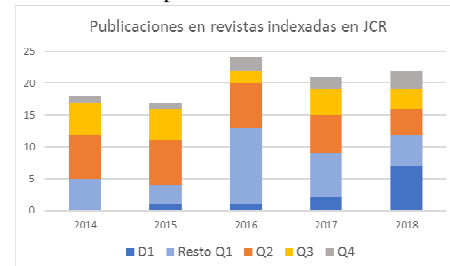


Figura 2: Publicaciones en revistas indexadas en JCR en los últimos 5 años.

Por último, indicar que en la actualidad tenemos activos cuatro proyectos: *Entornos inteligentes controlados por respuestas fisiológicas, perceptuales y conductuales ante experiencias emocionales* (DPI2016-80894-R); *Arquitectura y tecnologías Post-WIMP para el desarrollo de entornos Virtuales Sociales, Multi-sensoriales y Adaptativos en tele-rehabilitación* (TIN2016-79100-R); *Simbiosis humano-avatar en ciberterapias cognitivas: Prueba de concepto para alucinaciones auditivas* (TIN2015-72931-EXP proyecto EXPLORA); *NeUX: Evaluando la eXperiencia de Usuario en personas mayores con técnicas de Neuroevaluación* (SBPLY/17/180501/000192). Como puede verse, estos están centrados en el ámbito médico y de atención a personas dependientes, aplicando técnicas de Realidad Virtual, análisis de señales fisiológicas, estimulación multisensorial, entre otras. Este interés por la aplicación de estas técnicas al dominio de la salud también viene corroborada por el hecho de la pertenencia de parte de los integrantes del grupo, en la figura de asociados, a uno de los grupos del Centro de Investigación Biomédica en Red de Salud Mental (CIBERSAM) del Instituto de Salud Carlos III.

### 3 Conclusiones y líneas futuras

Como puede apreciarse por lo anteriormente expuesto, el grupo tiene una composición y vocación multidisciplinar y está interesado en buscar colaboraciones que lo complementen. En cuanto a proyectos, en la actualidad está principalmente centrado en la solicitud de proyectos de ámbito internacional, principalmente europeo, donde la colaboración con otros grupos es especialmente bienvenida. Igualmente, está abierto a la codirección de tesis y a la colaboración en la realización de otros trabajos de investigación.

**3DI-DIANA. Interacción 3D y Realidad Virtual**

Arcadio Reyes-Lecuona.

**Abstract:** El equipo 3DI-DIANA desarrolla su labor de investigación en interacción 3D y experiencia de usuario en Entornos Virtuales (EV) desde 2004. Su trabajo se centra en el estudio de la interacción persona-máquina en el contexto de las técnicas de interacción 3D en Realidad Virtual. Más concretamente, su experiencia e intereses abarcan las siguientes áreas: espacialización de audio 3D binaural, interacción 3D con grados de libertad reducidos, Realidad Aumentada, interacción 3D en EV, interacción háptica, navegación en EV caminando y Presencia en EV. En este artículo, se presenta brevemente la actividad desarrollada por el grupo 3DI-DIANA con especial atención a su trabajo más reciente.

Notes/Notas:



# 3DI-DIANA. Interacción 3D y Realidad Virtual

Arcadio Reyes-Lecuona

areyes@uma.es

Universidad de Málaga

Málaga, SPAIN

## RESUMEN

El equipo 3DI-DIANA desarrolla su labor de investigación en interacción 3D y experiencia de usuario en Entornos Virtuales (EV) desde 2004. Su trabajo se centra en el estudio de la interacción persona-máquina en el contexto de las técnicas de interacción 3D en Realidad Virtual. Más concretamente, su experiencia e intereses abarcan las siguientes áreas: especialización de audio 3D binaural, interacción 3D con grados de libertad reducidos, Realidad Aumentada, interacción 3D en EV, interacción háptica, navegación en EV caminando y Presencia en EV.

En este artículo, se presenta brevemente la actividad desarrollada por el grupo 3DI-DIANA con especial atención a su trabajo más reciente.

## KEYWORDS

Interacción 3D, Realidad Virtual, Audio 3D binaural

## 1. INTRODUCCIÓN

DIANA (Diseño de Interfaces AvaNzAdos) es el grupo de investigación TIC171 del PAIDI (Plan Andaluz de Investigación Desarrollo e Innovación) de la Junta de Andalucía. DIANA es un grupo multidisciplinar que lleva desde 1999 trabajando en la investigación y desarrollo de interfaces para su aplicación a las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones. Diana está formado por más de 30 investigadores que desarrollan su trabajo en diferentes áreas que van desde la ingeniería a las bellas artes.

Dentro del grupo DIANA, el equipo 3DI-DIANA trabaja desde hace más de 15 años en la interacción 3D en Entornos Virtuales (EV). El primer proyecto del grupo DIANA relacionado con Realidad Virtual (RV) digno de consideración fue ALBATROS (ApLicaciones de un sistema de adquisición de BioseñAles y Técnicas de Realidad virtual al campo de la Salud). Unos años más tarde, el equipo participó de la red de excelencia INTUITION, que le permitió dar el salto a la financiación europea.

## 2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

En los últimos años, a través de su participación en diversos proyectos europeos de diferentes Programas Marco (6° 7° y H2020), el equipo ha trabajado en varias líneas de

investigación, de las que se destacarán aquí como más relevantes aquellas que han producido mejores resultados y están activas en la actualidad.

### Audio 3D binaural

Gracias a la participación en el proyecto 3D tune-In [2], el equipo de 3DI-DIANA ha desarrollado, en colaboración con Imperial College London una herramienta de código abierto para renderizar audio 3D en tiempo real, que puede ser integrado en aplicaciones de RV. Se trata del 3D Tune-In Toolkit, cuyo código está disponible en un repositorio abierto ([https://github.com/3DTune-In/3dti\\_AudioToolkit](https://github.com/3DTune-In/3dti_AudioToolkit)), junto a aplicaciones de demo y un plugin VST



**Figura 1:** El 3D Tune-In Toolkit es una librería de renderizado de audio 3D binaural y simulación de pérdida auditiva y audífonos.

La librería 3D Tune-In Toolkit procesa fuentes sonoras monaurales y anecoicas introduciendo diferencias interaurales e indicios monoaurales que sitúan la fuente en una determinada posición virtual del espacio. Además, se añade el efecto del entorno, introduciendo la reverberación producida por el mismo. Tanto la espacialización del sonido directo como la simulación del entorno son altamente configurables. Se puede encontrar una descripción de los detalles técnicos de la librería en [2].

Pero el 3D Tune-In Toolkit no sólo espacializa audio. También contiene un simulador de pérdida auditiva y otro de audífono, con los que el usuario puede experimentar cómo percibe una persona con diferentes problemas de audición un ambiente sonoro en un determinado entorno. Así mismo,

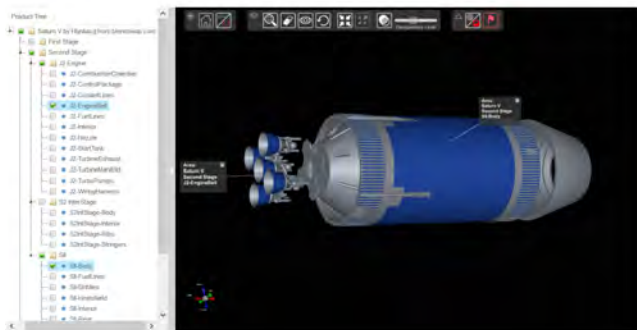
se puede experimentar el tipo de corrección que proporciona un audífono con direccionalidad programable.

La vocación del 3D Tune-In Toolkit es convertirse en una herramienta para investigación en entornos virtuales interactivos que permita añadir audio 3D realista con la transparencia y el control en el proceso de la señal que requiere la actividad investigadora.

### Interacción 3D.

Otra de las líneas de trabajo del equipo 3DI-DIANA se centra en la interacción 3D en EV, tanto usando cascos de RV como pantallas estereoscópicas. También trabaja en técnicas de interacción limitadas a pocos grados de libertad, utilizando dispositivos estándar, como teclado, ratón o pantallas táctiles. De hecho, el trabajo del equipo 3DI-DIANA de los últimos años se ha centrado en este tipo de interacción, que permite manipular objetos 3D en aplicaciones web o dispositivos móviles.

En esta línea, en el proyecto Use-it-Wisely, se desarrolló hom3r (Hierarchical prOduct Model 3D vieweR), un visor 3D especializado en objetos complejos jerarquizados, compuestos por múltiples partes ensambladas y geometrías intrincadas que pueden ocultar algunas zonas o dificultar la selección de algunas partes [3]. Estos modelos pueden, además, contener información adicional asociada a ciertas partes del objeto o a determinado punto en la geometría.



**Figura 2: El visor hom3r permite interactuar con objetos complejos usando dispositivos de interacción estándar.**

El visor hom3r permite seleccionar y manipular partes del objeto a diferentes niveles de su jerarquía, hacer visibles partes internas del objeto mediante vistas explotadas o haciendo semitransparentes las partes que las ocultan. El trabajo también se ha centrado en el desarrollo de técnicas para manipular los objetos de forma adaptativa a las proporciones de los objetos, mejorando las clásicas técnicas de trackball.

El visor hom3r está siendo integrado dentro del proyecto PLUGGY, en el que se desarrolla una red social centrada en el patrimonio cultural. En este proyecto, hom3r está siendo

**Cuadro 1: Proyectos en los que participa el grupo**

Proyecto	Programa	Años
INTUITION	6° PM	2004-2008
ENVIRA	Plan Nacional	2006-2009
ManuVAR	7° PM	2009-2012
Use-it-Wisely	7° PM	2013-2016
3D Tune-In	H2020	2015-2018
PLUGGY	H2020	2016-2019

adaptado para incluir funcionalidades de edición en aplicaciones web y la posibilidad de visualizar los objetos con Realidad Aumentada (RA).

### Dispositivos hápticos

Aunque actualmente el grupo no trabaja activamente en interacción háptica, en los proyectos ENVIRA y ManuVAR se desarrollaron simuladores de entrenamiento de habilidades motoras basadas en dispositivos hápticos de retroalimentación de fuerza. Fruto de esos trabajos, el equipo liberó un servidor VRPN para controlar dispositivos hápticos [1].

### 3. CONCLUSIÓN

En resumen, el grupo 3DI-DIANA ha participado en proyectos nacionales y europeos, estudiando la interacción 3D usando diferentes modalidades sensoriales. En la tabla 1 se muestran los proyectos de investigación más recientes en los que el equipo ha participado.

En la actualidad, las líneas más activas son el audio 3D, la interacción 3D con pocos grados de libertad y la Realidad Aumentada. Se trata de un grupo multidisciplinar con amplia experiencia en proyectos colaborativos.

### REFERENCIAS

- [1] María Cuevas-Rodríguez, Daniel González Toledo, Luis Molina-Tanco, and Arcadio Reyes-Lecuona. 2015. Contributing to VRPN with a new server for haptic devices. In *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology*. ACM. <https://doi.org/10.1145/2821592.2821639>
- [2] María Cuevas-Rodríguez, Lorenzo Picinali, Daniel González-Toledo, Carlos Garre, Ernesto de la Rubia-Cuestas, Luis Molina-Tanco, and Arcadio Reyes-Lecuona. 2019. 3D Tune-In Toolkit: An open-source library for real-time binaural spatialisation. *PLOS ONE* 14, 3 (03 2019), 1–37. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211899>
- [3] Daniel González-Toledo, María Cuevas-Rodríguez, Carlos Garre, Luis Molina-Tanco, and Arcadio Reyes-Lecuona. 2018. HOM3R: a 3D viewer for complex hierarchical product models. *Journal of Virtual Reality and Broadcasting* 14, 3 (2018).

**Grupo de Investigación IDIS**

Cesar Collazos, Julio Hurtado, Pablo Mage and Francisco Pino.

**Abstract:** Es una Grupo de profesionales cuya misión es proveer acompañamiento, asesoría y desarrollo de soluciones integrales que soporten las diferentes necesidades relacionadas con la Ingeniería del Software y el Diseño Centrado en el Usuario. Enmarcado dentro del Departamento de Sistemas de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca-Colombia. Este trabajo describe las principales tareas y logros del grupo y el impacto que ha tenido en promover HCI no solo a nivel de Colombia sino a nivel Latinoamericano.

Notes/Notas:

# Grupo de Investigación IDIS

César A. Collazos<sup>†</sup>  
System Department  
Universidad del Cauca  
Popayán, Colombia  
ccollazo@unicauca.edu.co

Julio A. Hurtado  
System Department  
Universidad del Cauca  
Popayán, Colombia  
ccollazo@unicauca.edu.co

Pablo Magé  
System Department  
Universidad del Cauca  
Popayán, Colombia  
ccollazo@unicauca.edu.co

Francisco Pino  
System Department  
Universidad del Cauca  
Popayán, Colombia  
fjpino@unicauca.edu.co

## ABSTRACT

Es una Grupo de profesionales cuya misión es proveer acompañamiento, asesoría y desarrollo de soluciones integrales que soporten las diferentes necesidades relacionadas con la Ingeniería del Software y el Diseño Centrado en el Usuario. Enmarcado dentro del Departamento de Sistemas de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca-Colombia. Este trabajo describe las principales tareas y logros del grupo y el impacto que ha tenido en promover HCI no solo a nivel de Colombia sino a nivel Latinoamericano.

## KEYWORDS

Human Computer Interaction, Usability Engineering.

## 1 Introducción

El Grupo IDIS (Investigación y Desarrollo en Ingeniería del Software), es un grupo fue creado en Diciembre de 2004 y actualmente tiene la máxima categoría de investigación en Colciencias - Colombia (Categoría A1). Fue clasificado entre los 10 mejores grupos de Ingeniería de Sistemas y Software en Latinoamérica (CEELAM). En los últimos años ha sido seleccionado por Group Sapiens Research como uno de los 20 grupos de más productividad a nivel de Colombia. La investigación dentro el grupo IDIS, corresponde al elemento central, y se tiene como uno de los objetivos del grupo aunar esfuerzos para poder consolidar el grupo como líder en las temáticas que se trabajan, por esta razón se tiene como estrategia el poder integrarse en pro de pocas líneas que permitan lograr una consolidación regional y nacional. En Docencia, el Grupo soporta actividades en el Programa de Ingeniería de Sistemas (Pregrado) y en postgrado (Maestría en Computación, Doctorado en Ciencias de la Electrónica) de la Universidad del Cauca-Colombia. De igual forma, el grupo IDIS, apoya plenamente los procesos de articulación con el entorno bien sea a través de proyectos coordinados con empresas u otros grupos de investigación, priorizando el interés colectivo sobre el particular. Es muy importante lograr esa articulación Universidad-Empresa, con el

fin de determinar necesidades reales del entorno y poder de esta forma aportar con la competitividad de la región y del país

## 2 Líneas de Investigación

El Grupo IDIS (Investigación y Desarrollo en Ingeniería del Software), es un grupo fue creado en Diciembre de 2004 y actualmente tiene la máxima categoría de investigación en Colciencias - Colombia (Categoría A1). Fue clasificado entre los 10 mejores grupos de Ingeniería de Sistemas y Software en Latinoamérica (CEELAM). En los últimos años ha sido seleccionado por Group Sapiens Research como uno de los 20 grupos de más productividad a nivel de Colombia.

El Grupo IDIS trabaja en temas relacionados con Ingeniería del Software y Diseño Centrado en el Usuario, enfocando su trabajo en esquemas de trabajo colaborativo y donde la perspectiva del ser humano es fundamental para el desarrollo de sistemas Interactivos [1]. Tiene 3 líneas fundamentales de trabajo:

- Interacción Humano Computador: Enfocado esencialmente en aspectos relacionados con: Enseñanza de HCI, Mecanismos de Diseño y Evaluación Centrado en el Usuario, Usabilidad y Experiencia del Usuario, Multiculturalidad y HCI, Diseño Centrado en Valores Humanos, Mecanismos de Diseño (Design Thinking) en el proceso de desarrollo de Sistemas Interactivos.
- Ingeniería de la Colaboración: Mecanismos de Diseño de Sistemas Colaborativos, Incorporación de esquemas de modelamiento de sistemas colaborativos centrados en el usuario, evaluación colaborativa de interfaces.
- Tecnologías en Educación: Esquemas de Enseñanza de la Programación usando mecanismos lúdicos, colaborativos y ágiles [2], HCI y educación especial [3].

## 3 Iniciativas

Al interior de la Universidad del Cauca-Colombia, el Grupo IDIS ha realizado algunos mecanismos tendientes a generar conciencia de la importancia que tiene el área de HCI en diversas ramas del



conocimiento, centrándose en un trabajo multidisciplinario, integrando personas de Ciencias de la Computación, Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Comunicación Social y Diseño Gráfico. A pesar del poco tiempo que lleva esta iniciativa los resultados comienzan a observarse. De igual forma, se comienzan a impartir una serie de Cursos optativos en HCI. Estos cursos han sido impartidos en diversas instituciones universitarias, logrando generar un interés en el tema. A raíz de este trabajo se ha generado un espacio de discusión global logrando crear un grupo de investigación a nivel nacional en el tema y se ha comenzado a definir políticas de trabajo tendientes a generar una masa crítica de investigadores a través de formación doctoral en algunos de los participantes de esta Red. De la misma forma, el grupo IDIS ha establecido alianzas con diversos grupos y asociaciones a nivel internacional expertos en HCI que han permitido el poder desarrollar colaborativamente proyectos de investigación, artículos, seminarios, direcciones de tesis (grado/postgrado), cursos, formulación de programas de Maestría y doctorado en HCI.

El grupo IDIS ha participado en la organización/coorganización de diversos eventos a nivel Iberoamericano en HCI (Interacción 2014, Interacción 2017, I, II; II, IV jornadas Iberoamericanas de HCI, CLIHC 2014, CLIHC 2019, Rehab 2019). Otra de las iniciativas ha sido la creación de una Red de especialistas en HCI que fomenten la enseñanza de HCI a nivel Iberoamericano, iniciativa denominada hci-collab ([www.haci-collab.com](http://www.haci-collab.com)), la cual es liderada por el grupo IDIS y en la cual participan un grupo de instituciones y empresas a nivel Iberoamericano en HCI.

El Grupo IDIS (Investigación y Desarrollo en Ingeniería del Software), es un grupo fue creado en Diciembre de 2004 y actualmente tiene la máxima categoría de investigación en Colciencias - Colombia (Categoría A1).

Algunos de los proyectos más relevantes en los que el Grupo IDIS ha participado son:

- COMPETISOFT: Mejora de procesos para fomentar la competitividad de la pequeña y mediana industria del software de Iberoamérica, financiado por el programa CYTED ,2006-2009.
- REVVIS: Red de Especialistas en Verificación y Validación de Software, financiado por el programa CYTED ,2007-2010.
- Red de Investigación en Software Experimental, financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia de la República de Argentina , 2008.
- H-NET Health Education Network, financiado por CNPq (Brasil), 2008-2010.
- A Digital Workbook Tool to Support Asynchronous Collaboration, financiado por The Latin American and Caribbean Collaborative ICT Research (LACCIR), 2008.
- U-CSCL: Red Iberoamericana de apoyo a los procesos de enseñanza-aprendizaje de competencias profesionales a través de entornos ubicuos y colaborativos, financiado por CYTED, 2013-2016
- HCI-Collab: Red colaborativa para apoyar procesos de enseñanza-aprendizaje de HCI a nivel Iberoamericano, asupiciado por la AUIP, 2016

## 4 Conclusiones

Aunque la experiencia en la mayoría de países latinoamericanos es muy corta en el tema de HCI, los resultados que se han observado hasta ahora son muy alentadores; se comienza a participar en eventos internacionales de suma importancia, se empiezan a desarrollar proyectos de investigación relacionado con HCI, y se fortalece continuamente el trabajo multidisciplinario. Todos esto factores llevan a pensar que el área comienza a vislumbrarse como uno de los ejes centrales de investigación y trabajo.

El camino no ha sido fácil ni lo será, pero el poder lograr la participación en una Asociación como AIPO, que está consolidada en España y que lleva varios años de trabajo, permitirá asumir este nuevo reto de manera más adecuada. Las experiencias que se han desarrollado en diversos grupos latinoamericanos y Europeos permitirá compartir el conocimiento y de alguna forma lograr una apropiación del mismo de manera más adecuada.

## REFERENCIAS

- [1] Collazos, C., La enseñanza de HCI en Colombia, I Jornadas de Trabajo sobre Enseñanza de HCI, Puertollano (Ciudad Real), pp.81-91, España, Julio 2005
- [2] Hurtado, J. A.; Collazos, C. A.; Cruz, S. T.; Rojas, O. E. (2012). ChildProgramming: Una Estrategia de Aprendizaje y Construcción de Software Basada en la Lúdica, la Colaboración y la Agilidad. Rev. Univ. RUTIC, 1(1), 9-14
- [3] Guerrero, J., González, J., Muñoz, J., Collazos, C., HCI for Children with disabilities, Springer ISBN: ISBN:3319556657 9783319556659, 2017.

**GI-ACSC: Grupo de Investigación en Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora**

Rosanna Costaguta and María De Los Angeles Menini.

**Abstract:** El Grupo de Investigación en Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora (GI-ACSC) inició las actividades de investigación en la temática en el año 2008, en el Departamento Académico de Informática, perteneciente a la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías (FCEyT) de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), Argentina. Sin embargo, su constitución formal fue en enero de 2012, mediante el Proyecto de Investigación “Sistemas de información web basados en agentes para promover el Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora”, ejecutado hasta diciembre de 2016 en el Instituto de Investigación en Informática y Sistemas de Información (IISI), perteneciente a la facultad antes mencionada. En esa oportunidad el grupo estuvo conformado por cinco profesores, cuatro estudiantes de grado y un becario doctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina. A la fecha, y para el período 2017-2010, se está ejecutando el Proyecto “Mejorando escenarios de Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora”. El número de integrantes creció considerablemente, contando ahora con diecisiete miembros entre docentes investigadores, tesis de posgrado (doctorado, maestría y especialización), egresados y alumnos de la carrera Licenciatura en Sistemas de Información (LSI).

Notes/Notas:



# GI-ACSC: GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN APRENDIZAJE COLABORATIVO SOPORTADO POR COMPUTADORA

Rosanna Costaguta

Directora

Instituto de Investigación en Informática y  
Sistemas de Información (IISI)  
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías  
Universidad Nacional de Santiago del Estero  
Argentina  
rosanna@unse.edu.ar

María de los Ángeles Menini

Codirectora

Instituto de Investigación en Informática y  
Sistemas de Información (IISI)  
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías  
Universidad Nacional de Santiago del Estero  
Argentina  
marameni@unse.edu.ar

## 1. PRESENTACIÓN DEL GRUPO

El Grupo de Investigación en Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora (GI-ACSC) inició las actividades de investigación en la temática en el año 2008, en el Departamento Académico de Informática, perteneciente a la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías (FCEyT) de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), Argentina. Sin embargo, su constitución formal fue en enero de 2012, mediante el Proyecto de Investigación “*Sistemas de información web basados en agentes para promover el Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora*”, ejecutado hasta diciembre de 2016 en el Instituto de Investigación en Informática y Sistemas de Información (IISI), perteneciente a la facultad antes mencionada. En esa oportunidad el grupo estuvo conformado por cinco profesores, cuatro estudiantes de grado y un becario doctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina.

A la fecha, y para el período 2017-2020, se está ejecutando el Proyecto “*Mejorando escenarios de Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora*”. El número de integrantes creció considerablemente, contando ahora con diecisiete miembros entre docentes investigadores, tesis de posgrado (doctorado, maestría y especialización), egresados y alumnos de la carrera Licenciatura en Sistemas de Información (LSI). Así, nuestro actual equipo de Proyecto está integrado por: Daniela Missio, Pablo Santana-Mansilla, Germán Lescano, Cecilia Acosta, Marcela Domsy, Diego Yanacón-Atía, Pablo Varas, Carlos Pérez-Crespo, María Martha Pérez-Crespo, Alberto Palavecino, Edgar Concha-Medina, Cecilia Colman, Hugo Figueroa, Enrique Paz y Belén Ibañez.

## 2. ACTIVIDADES DEL GRUPO

Para describir las actividades que viene desarrollando el grupo desde sus inicios, se decidió considerar cuatro aspectos relevantes, a saber: líneas de trabajo, publicaciones, formación de recursos humanos y otras producciones, que se detallan a continuación.

### 2.1 Líneas de trabajo

Como en sus orígenes, y consolidando la línea de investigación, se mantienen como propósitos fundamentales: identificar las características de aprendizaje de los estudiantes y las de

enseñanza de los profesores en sistemas de ACSC, analizar las posibilidades de personalización considerando tales características, idear desarrollos que promuevan mejoras en el desempeño de los estudiantes y docentes en los sistemas de ACSC, relevar cuestiones técnicas vinculadas al diseño y creación de este tipo de sistemas (metodologías de desarrollo, técnicas de aprendizaje de máquina, software disponible, etc.), y también vinculadas con la evaluación (diseño de experimentos, variables a evaluar, métricas a utilizar, etc.), relevar permanentemente nuevos desarrollos en el área, formar recursos humanos altamente especializados, y transferir a la comunidad universitaria de la UNSE los productos generados, los conocimientos y la experiencia adquirida.

Fundamentalmente, las líneas de trabajo simultáneas que mantiene el grupo se basan en el estudio de las interacciones de estudiantes y profesores en los entornos de ACSC. Esto implica temáticas como: habilidades de colaboración, roles de equipo, estilos de aprendizaje, estilos de personalidad, emociones, etc.

### 2.2 Publicaciones

Esta sección detalla capítulos en libros y artículos producidos considerando, por cuestión de espacio, sólo los dos últimos años.

#### 2.2.1 Capítulos en libros

- "Reconocimiento de emociones basado en texto", Lescano, G., Costaguta, R. & A. Amandi. En *Introducción a la Computación Afectiva*. Red TEPUY, Venezuela (2019). En prensa.
- "A Multi-Agent Model for Personalizing Learning Material for Collaborative Groups", Santana-Mansilla, P., Costaguta, R. & S. Schiaffino. En *Optimizing Human-Computer Interaction with Emerging Technologies*. IGI Global, USA. Pp.: 343-375 (2018).

#### 2.2.2 Artículos en revistas con referato

- "Caracterización de las interacciones colaborativas en ambientes de e-learning considerando conductas grupales y habilidades de colaboración", Costaguta, R., Missio, D., Menini, M., Santana-Mansilla, P. & G. Lescano. *Revista Internacional de Aprendizaje*. Common Ground (2019). En prensa.

- “Mining Associations between Collaborative Skills and Group Roles in Collaborative E-learning Environments”, Costaguta, R., Santana-Mansilla P., Lescano G. & D. Missio. *Journal of Information Technology Research*, 12(2), pp. 159-174 (2019).
- “Indicadores colaborativos individuales y grupales para Moodle”, Yanacón-Atía, D., Costaguta, R. & M. Menini. *Revista Campus Virtuales*, 7(1), pp.125-139 (2018).
- “Un metabuscador que eficientiza búsquedas colaborativas” Pérez-Crespo, C. Pérez-Crespo, M. & R. Costaguta. *Revista Campus Virtuales*, 7(1), pp. 81-93 (2018).
- “JUNE: Un metabuscador basado en agentes para promover grupos colaborativos”, Pérez-Crespo, C, Pérez-Crespo, M. & R. Costaguta. *Revista Scintia et Cognito*, 1(1), pp. 151-158 (2017).
- “Detectando habilidades de colaboración para calcular indicadores en Moodle”, Yanacón-Atía, D., Costaguta, R. & M. Menini. *Revista Scintia et Cognito*, 1(1), pp. 173-180 (2017).
- “Relacionando habilidades de colaboración con roles de grupo a través de minería de datos”, Costaguta, R., Lescano, G., Santana-Mansilla, P., Missio, D. & P. Miró. *Revista Scintia et Cognito*, 1(1), pp. 165-171 (2017).
- “Analysis of GPU implementation of Viola-Jones’ Algorithm for Features Selection”, Lescano, G., Santana-Mansilla, P. & R. Costaguta. *Journal of Computer Science*, 17(7), pp. 68-73 (2017).

### 2.3 Formación de recursos humanos

Dentro del grupo existe un docente investigador formado (Categoría II, otorgada por el Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de la Nación) y dos en formación (Categorías IV y V, respectivamente). Los demás integrantes del grupo se encuentran realizando sus respectivas tesis, o las finalizaron recientemente, en algunos casos se trata de tesis de postgrado y en otros de grado. Por otro lado, actualmente se cuenta con un becario doctoral CONICET y tres becarios de grado (dos becas Estímulo a la Vocación Científica otorgadas por el Consejo Interuniversitario Nacional - Becas EVC-CIN, y una beca UNSE de Investigación para Estudiante.

En particular, el grupo cuenta con dos doctorandos cuyas tesis, de Doctorado en Ciencias de la Computación, están en adelantado estado de desarrollo. Se espera realizar la presentación a evaluación de una de ellas durante el segundo semestre de 2019, y la segunda a mitad de 2020. Los títulos de las tesis doctorales mencionadas son las siguientes: Entrenamiento de Habilidades para Docentes de Aprendizaje Colaborativo Online, y Reconocimiento de conflictos en diálogos colaborativos aplicando análisis de sentimiento.

Además, tres integrantes están realizando sus tesis para la Carrera Maestría en Informática Educativa. Idéntica situación se observa para tres integrantes que están realizando sus tesis para la carrera de Especialización en Informática Educativa. Específicamente en todos estos casos se trata de trabajos que vinculan el análisis de emociones o la realidad aumentada con el desarrollo de aplicaciones de ACSC. Se espera realizar la presentación a evaluación de estas tesis para fines de 2019 o comienzos de 2020. Cabe acotar que, finalizando 2018 una

integrante obtuvo su título de Especialista en Enseñanza en Ciencias Exactas mediante la tesis titulada: El Portafolio Digital Colaborativo como herramienta de evaluación formativa y sumativa. Finalmente, cinco integrantes presentaron sus tesis de grado para la carrera LSI. Cuatro fueron aprobadas durante 2018 y la quinta está en evaluación. Por otra parte, otros cinco integrantes se encuentran elaborando sus trabajos finales con diferentes grados de avance. Los títulos de estos trabajos son: Chat con Interfaz Semiestructurada que facilita el análisis de Interacciones Colaborativas en Moodle (aprobada), Jesslet: Jess como un servicio (aprobada), Metabuscador basado en agentes para grupos de estudiantes colaborativos (aprobada), Agentes Inteligentes para reconocimiento automático de roles de Belbin en la dinámica de grupos colaborativos (en evaluación), Agentes software para monitorear el equilibrio de roles en grupos colaborativos (en ejecución), Detección de Conflictos Grupales IPA mediante Minería de Textos en Foros de Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadoras (en ejecución), Aplicación de redes neuronales para agrupar automáticamente estudiantes colaborativos (en ejecución), Agentes inteligentes para la detección de conflictos de origen emocional (en ejecución), Aplicación de un algoritmo genético para agrupar automáticamente estudiantes colaborativos (en ejecución).

### 2.4 Otras producciones

Algunos integrantes del grupo recibieron invitaciones para brindar conferencias en otros países, a saber: Facultad de Ingeniería, Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, Popayán - Colombia (2017 y 2018), Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria Comfacaucá, Popayán - Colombia (2017 y 2018), Facultad de Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca, Popayán - Colombia (2017 y 2018), Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Sede Norte, Popayán - Colombia (2017), Instituto Tecnológico Latinoamericano, Sedes Mineral de la Reforma y Tula de Allende, Hidalgo - México (2017).

También se presentaron artículos en congresos internacionales: XIX Int. Conference on Human-Computer Interaction, España (2018), XIX Encuentro Internacional Virtual Educa, Brasil (2018), XXV Int. Conference on Learning, Grecia (2018), XVIII Int. Conference on Human-Computer Interaction, México (2017), 9th Euro American Conference on Telematics and Information Systems, Colombia (2016), 14th Mexican Int. Conference on Artificial Intelligence, México (2015), XVI Encuentro Internacional Virtual Educa, México (2015), 7th Euro American Conference on Telematics and Information Systems, Chile (2014). Desde 2012 a la fecha, se registran numerosos desempeños como expositores en eventos científicos nacionales. También se dictaron cursos de postgrado en las temáticas específicas de investigación

## 3. INTERÉS DE COLABORACIÓN

GI-ACSC tiene permanente interés en la concreción de acuerdos de cooperación y trabajos en colaboración con otros grupos con los que comparte temas de investigación.

**Egokituz Laboratorio de Interacción Persona-Computador para Necesidades Especiales**

Julio Abascal, Myriam Arrue, Nestor Garay and Luis Gardezabal.

**Abstract:** Egokituz, Laboratorio de Interacción Persona-Computador para Necesidades Especiales, situado en la Facultad de Informática de la Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea, se creó en 1.985 con el objetivo de aplicar las nuevas tecnologías de la información y la comunicación a la solución de los problemas de comunicación y movilidad de las personas con discapacidad, para contribuir a la mejora de su autonomía personal y de su integración socio-laboral.

Notes/Notas:

# Egokituz Laboratorio de Interacción Persona-Computador para Necesidades Especiales

Julio Abascal<sup>†</sup>, Myriam Arrue, Nestor Garay, Luis Gardezabal<sup>‡</sup>  
Arquitectura y Tecnología de Computadores  
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea  
Donostia-San Sebastián (España)  
{julio.abascal myriam.arrue, nestor.garay, luis.gardezabal}@ehu.eus

## ABSTRACT

El Laboratorio de Interacción Persona-Computador para Necesidades Especiales *Egokituz* está situado en la Facultad de Informática de la Universidad del País Vasco-*Euskal Herriko Unibertsitatea*. Se creó en 1.985 con el objetivo de aplicar las nuevas tecnologías de la información y la comunicación a la solución de los problemas de comunicación y movilidad de las personas con discapacidad, para contribuir a la mejora de su autonomía personal y de su integración socio-laboral [1].

## 1. Presentación

El objetivo inicial de *Egokituz* era desarrollar *hardware* y *software* para dispositivos de Comunicación Aumentativa y Alternativa<sup>1</sup>. Con el tiempo su investigación se ha ido centrando en la aplicación a las necesidades de las personas con discapacidad de metodologías y tecnologías desarrolladas en el área de Interacción Persona-computador [2, 3].

*Egokituz* está integrado en el Grupo de Investigación Consolidado ADIAN, subvencionado desde 2007 por el programa de Financiación General a Grupos de Investigación del Sistema Universitario Vasco del Departamento de Educación Universidades e Investigación (Eusko Jaurlaritza-Gobierno Vasco). *Egokituz* cuenta actualmente con cuatro miembros permanentes (J. Abascal, M. Arrue, N. Garay y L. Gardezabal) y tres doctorandos (X. Gardezabal, J. E. Pérez, y A. Sala).

*Egokituz* ha asesorado a la CE en asuntos relacionados con la accesibilidad digital. Asimismo, ha participado en diversos comités internacionales para tratar asuntos relacionados con la accesibilidad para personas con discapacidad y ancianas.

## 2. Líneas de trabajo actuales

### 2.1 Accesibilidad y personalización de interfaces

Esta línea se orienta al desarrollo de técnicas y herramientas para mejorar la experiencia de usuario durante la navegación web. Para ello, se realizan estudios centrados en el análisis de patrones

<sup>1</sup> La Comunicación Aumentativa y Alternativa tiene por objetivo dar soporte a las personas que tienen restringida parcial o totalmente la capacidad de comunicación oral. Para ello diseña sistemas de comunicación que mejoren la capacidad de comunicación residual o la sustituyan.

de interacción de los usuarios con discapacidad [4]. Los resultados obtenidos en dichos estudios se aplican en la definición de técnicas de personalización automática de las interfaces que se incluyen en las herramientas de adaptación desarrolladas por el grupo [5]. En esta línea se están desarrollando actualmente dos tesis doctorales. Una de ellas tiene como objetivo el estudio y mejora de la interacción de personas con movilidad reducida facilitando la navegación y selección de objetivos en las interfaces web mediante adaptaciones de cursor. La otra pretende mejorar la interacción de las personas con baja visión con servicios públicos gubernamentales basados en web para mediante la aplicación de adaptaciones automáticas mejoren el flujo del proceso del servicio [6] y faciliten la interacción con los elementos de la interfaz.

### 2.2 Interacción emocional

Con el objetivo de hacer más natural la interacción persona-ordenador, se han realizado varios proyectos y tesis doctorales para integrar las emociones en la interfaz [7]. En este sentido se han hecho estudios sobre avatares para la presentación de información con contenido emocional, en colaboración con VICOMTech. Por otro lado, se han realizado estudios a partir de texto y habla para la detección multimodal de emociones [8]. Posteriormente, se ha ido incorporando información fisiológica para detectar casos de estrés y se han analizado patrones del sueño en base a electroencefalografía (EEG).

### 2.3 Robótica asistencial

*Egokituz* desarrolla sistemas de interacción persona-robot para aplicarlos a la Movilidad y Manipulación Aumentativa y Alternativa<sup>2</sup>. Actualmente el principal objetivo es dar a niños con severas restricciones motoras (por ejemplo, con parálisis cerebral) la experiencia de manipulación física mediante el control de un robot bi-manual. De este modo se pretende ayudar a la mejora de su capacidad cognitiva. Se ha demostrado que los juegos que aportan la experiencia (física o virtual) de manipulación (de la que estos niños carecen) puede ayudar en su desarrollo cognitivo. *Egokituz* también trabaja con robots móviles que siguen a

<sup>2</sup> Parafrazando la expresión “Comunicación Aumentativa y Alternativa”, con Movilidad y Manipulación Aumentativa y Alternativa nos referimos a dispositivos y programas que dan soporte a la capacidad de manipulación y de movilidad residual o la sustituyen.

personas ancianas y monitorizan sus constantes vitales. Su objetivo es doble, por un lado, acompañar a esas personas y por otro, detectar de manera temprana problemas en la salud o el comportamiento.

### 3. Actividades de investigación destacadas

#### 3.2 Proyecto europeo IRIS

El Proyecto IRIS: Incorporating Requirements of People with Special Needs or Impairments to Internet-based Systems and Services, fue financiado por el IST Programme EC-DG XIII, y se desarrolló del 1/1/2001 al 31/X/2003, con una subvención total de 242.549,90 €. En este proyecto *Egokituz* desarrolló *EvalAccess*, un *web service* para evaluar automáticamente la accesibilidad de páginas web, que resultó muy novedoso en su tiempo. El análisis se basó en criterios de accesibilidad fácilmente actualizables, lo que permitió que esta herramienta pudiera incorporar fácilmente nuevas pautas de accesibilidad o actualizaciones de las mismas. *EvalAccess* podía ser usado como una aplicación independiente o como un servicio web. En este último caso, cualquier otra aplicación podía llamarla para realizar análisis de accesibilidad.

#### 3.3 Acción Coordinada CARDIAC

La acción CARDIAC: *Coordination Action in R&D in Accessible and Assistive ICT* fue financiada por UE con un total de 499.991€ (88.488,00 € para la UPV/EHU). Contó con la participación de 12 socios de 11 países. Se desarrolló entre 1/03/2010 y 28/02/2013, bajo la coordinación de P. Roe (*E. Polytechnique Federale de Lausanne*). Su principal objetivo era asesorar a la CE sobre dónde dirigir la financiación de la investigación a corto, medio y largo plazo en el contexto de las TIC para la vida independiente, la inclusión y la gobernanza. J. Abascal coordinó el WP4 que redactó, junto con I. Klironomos el informe “*Trends on Inclusive User Interface Design*”<sup>3</sup> que reúne una serie de propuestas para la planificación de la investigación en la EC a corto, medio y largo plazo.

#### 3.4 Contrato de investigación INREDIS

El proyecto “INREDIS: Interfaces de Relación entre el Entorno y las personas con Discapacidad”<sup>4</sup> se desarrolló entre 1/5/2009 y 31/3/2011 subvencionado por el CDTI (programa CENIT) con un total de 10.435.691 € (de los que destinó 472.750€ a la UPV/EHU). Contó con la participación de 14 empresas, bajo la coordinación de Technosite, y subcontrató 18 centros de investigación. En el paquete de trabajo “PT 6. Interfaces de usuario y configuración de dispositivos”, *Egokituz* desarrolló el modelado de usuario mediante ontologías, las interfaces autoadaptadas al usuario, y la generación automática de interfaces de usuario basadas en modelos. Como resultado se creó un generador

automático de interfaces autoadaptables y accesibles para servicios ubicuos [9].

### 3.5 Acciones COST 219 bis y COST 291 Ter

*Egokituz* fue designado por la OCYT para participar en el *Management Committee* del COST219bis (UE, CE-DG XIII) “*Telecommunications: Access for disabled people and elderly*” que se desarrolló entre enero de 1998 y diciembre de 2001. También fue nombrado por la CICYT para participar en el *Management Committee* of COST219ter (CE-DGXIII) sobre “*Accessibility for All to Services and Terminals for Next Generation Networks*”, que se desarrolló entre enero de 2003 y diciembre de 2006. Estas acciones COST tuvieron gran relevancia para la definición de los objetivos de accesibilidad en Europa, y sirvieron para asesorar a la CE sobre los programas de Accesibilidad.

### 4. Docencia y difusión de la accesibilidad

Además de haber impartido numerosas asignaturas de sobre accesibilidad a la web en diversos másteres de diferentes universidades, *Egokituz* puso en marcha en 2008 el Máster universitario en Tecnología de Apoyo a la Autonomía Personal, en colaboración con la Asociación para la Promoción de la Tecnología Social (APTES).

Por otro lado, editó el libro “*Education on Design for All in Information Systems and Telecommunications Curriculum*”, publicado en 2013 por la Fundación ONCE [10] para asesorar en la puesta en marcha de nuevos planes de estudio y en su evaluación por parte de la ANECA.

### 5. Referencias

- [1] Abascal J., Gardezabal L., Arruabarrena A. (1991) Providing Telecommunications Access to People with Special Needs. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* 9(4) 601-604 (ISI/JCR: Q1)
- [2] Obrenovic Z., Abascal J., Starcevic D. (2007) Universal Accessibility as a Multimodal Design Issue. *Communications ACM* 50(5) 83-88 (ISI/JCR: Q1)
- [3] Epelde G., Valencia X., Carrasco E., Posada J., Abascal J., Diaz-Orueta U., Zinnikus I., Husodo-Schulz C. (2013) Providing universally accessible interactive services through TV sets: implementation and validation with elderly users. *Multimedia Tools and Applications* 67(2) 497-528 (ISI/JCR: Q2)
- [4] Arrue M., Valencia X., Pérez J.E., Moreno L., Abascal J. (2019) Inclusive Web Empirical Studies in Remote and In-Situ Settings: A User Evaluation of the RemoTest Platform. *Int. J. Hum. Comput. Int.* 35(7) 568-583 (ISI/JCR: Q3)
- [5] Valencia X., Pérez J. E., Arrue M., Abascal J., Duarte C., Moreno L. (2017) Adapting the Web for People With Upper Body Motor Impairments Using Touch Screen Tablets. *Interacting with Computers* 29(6) 794-812 (ISI/JCR: Q3)
- [6] Moreno L., Martínez P., Muguerza J., Abascal J. (2018) Support resource based on standards for accessible eGovernment transactional services. *Computer Standards & Interfaces* 58. 146-158 (ISI/JCR: Q2)
- [7] Álvarez A., Sierra B., Arruti A., López-Gil J.M., Garay-Vitoria N. (2016) Classifier Subset Selection for the Stacked Generalization Method Applied to Emotion Recognition in Speech. *Sensors* 16(1). Paper 21 (ISI/JCR: Q1)
- [8] Garay-Vitoria N., Cearreta I., Larraza-Mendiluze E. (2019) Application of an Ontology-Based Platform for Developing Affective Interaction Systems. *IEEE Access* 7. 40503-40515 (ISI/JCR: Q1)
- [9] Gamecho B., Miñón R., Aizpurua A., Cearreta I., Arrue M., Garay-Vitoria N., Abascal J. (2015) Automatic Generation of Tailored Accessible User Interfaces for Ubiquitous Services. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems* 45(5) 612-623 (ISI/JCR: Q1)
- [10] Abascal, J., Garay, N., Guasch, D. (2013) Education on Design for All in Information Systems and Telecommunications Curriculum. IMSERSO & FONCE. Barcelona. [https://www.fundaciononce.es/sites/default/files/docs/libro\\_informatica%2520telec\\_2.pdf](https://www.fundaciononce.es/sites/default/files/docs/libro_informatica%2520telec_2.pdf)

<sup>3</sup>Trends on Inclusive User Interface Design [http://212.50.96.228:5000/cardiaceuorg/deliverables/CARDIAC\\_D3.2\\_Definitive%203.pdf](http://212.50.96.228:5000/cardiaceuorg/deliverables/CARDIAC_D3.2_Definitive%203.pdf)

<sup>4</sup> Proyecto INREDIS: <https://es.wikipedia.org/wiki/INREDIS>

**Session 7A: Interaction and Communication  
(Spanish)**







**Reconociendo roles de equipo en interacciones colaborativas**

Hugo Figueroa, Rosanna Costaguta, María De Los Angeles Menini and Daniela Missio.

**Abstract:** El desempeño adecuado de los roles dentro de un grupo de aprendizaje colaborativo es de vital importancia para que los miembros realicen un trabajo coordinado y, de esta manera, desarrollen una experiencia de aprendizaje exitosa. Este artículo presenta un sistema inteligente capaz de reconocer los roles manifestados por estudiantes que interactúan en un foro mediante el análisis automático de sus interacciones. El sistema cuenta con dos tipos de agentes: un agente de grupo y agentes personales. También se desarrollaron especialmente nueve redes bayesianas para detectar los roles de equipo manifestados durante la dinámica de colaboración. El funcionamiento del sistema se validó realizando experiencias colaborativas en foros con estudiantes universitarios, donde se procesaron las interacciones almacenadas y se reconocieron los roles de equipo manifestados por cada uno de los integrantes. La efectividad en el reconocimiento automático de roles efectuado por el sistema fue verificado mediante el posterior análisis manual de las interacciones llevado a cabo por expertos psicopedagogos. Este sistema inteligente facilitará a los profesores realizar el monitoreo de la dinámica de trabajo en foros.

Notes/Notas:



# Reconociendo Roles de Equipo en Interacciones Colaborativas

Hugo Figueroa  
Instituto de Investigación en  
Informática y Sistemas de Información  
(IISI)  
Facultad de Ciencias Exactas y  
Tecnologías (FCEyT)  
Universidad Nacional de Santiago del  
Estero (UNSE)  
Argentina  
hhugo\_87@hotmail.com

Rosanna Costaguta  
Instituto de Investigación en  
Informática y Sistemas de Información  
(IISI)  
Facultad de Ciencias Exactas y  
Tecnologías (FCEyT)  
Universidad Nacional de Santiago del  
Estero (UNSE)  
Argentina  
rosanna@unse.edu.ar

María de los Ángeles Menini  
Instituto de Investigación en  
Informática y Sistemas de Información  
(IISI)  
Facultad de Ciencias Exactas y  
Tecnologías (FCEyT)  
Universidad Nacional de Santiago del  
Estero (UNSE)  
Argentina  
marameni@unse.edu.ar

Daniela Missio  
Instituto de Investigación en  
Informática y Sistemas de Información  
(IISI)  
Facultad de Ciencias Exactas y  
Tecnologías (FCEyT)  
Universidad Nacional de Santiago del  
Estero (UNSE)  
Argentina  
daniela\_mmi@yahoo.com.ar

## RESUMEN

El desempeño adecuado de los roles de equipo dentro de un grupo de aprendizaje colaborativo es de vital importancia para que los miembros realicen un trabajo coordinado y, de esta manera, desarrollen una experiencia de aprendizaje exitosa. Este artículo presenta un sistema inteligente capaz de reconocer los roles de equipo manifestados por estudiantes que interactúan en un foro mediante el análisis automático de sus interacciones. El sistema cuenta con dos tipos de agentes: un agente de grupo y agentes personales. También se desarrollaron especialmente nueve redes bayesianas para detectar los roles de equipo manifestados durante la dinámica de colaboración. El funcionamiento del sistema se validó realizando experiencias colaborativas en foros con estudiantes universitarios, donde se procesaron las interacciones almacenadas y se reconocieron los roles de equipo manifestados por cada uno de los integrantes. La efectividad en el reconocimiento automático de roles de equipo efectuado por el sistema fue verificado mediante el posterior análisis manual de las interacciones llevado a cabo por un psicopedagogo. Este sistema inteligente facilitará a los profesores realizar el monitoreo de la dinámica del trabajo en foros.

## PALABRAS CLAVE

Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora, Interacciones colaborativas, Roles de equipo, Agentes de software, Redes bayesianas.

## 1. INTRODUCCIÓN

El término Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora (ACSC) se usa para designar situaciones en las cuales el aprendizaje se organiza a través de actividades colaborativas, mediadas por computadora, que involucran a grupos de estudiantes. En la actualidad, las ventajas de los sistemas de ACSC están ampliamente reconocidas; estos sistemas no sólo permiten a las personas aprender en grupo, con independencia del tiempo y el espacio, sino que además brindan un entorno apropiado para el desarrollo de habilidades de solución de problemas y de liderazgo.

En un grupo colaborativo es fundamental que los integrantes desempeñen diferentes roles de equipo que permitan realizar un trabajo coordinado y propiciar el éxito de la experiencia [3]. Un rol de equipo puede ser visto como la tendencia de un miembro de un grupo a comportarse, contribuir e interrelacionarse con otros de cierta forma [3]. El trabajo en equipo mejora, cuando los roles de equipo de cada miembro del grupo están claramente definidos y sus actividades en el grupo están delimitadas [3]. Los roles de equipo facilitan que el grupo pueda hacer de manera satisfactoria la tarea, y a la vez permiten practicar habilidades sociales tales como resolver conflictos, negociar, comunicar ideas eficazmente, respetar los puntos de vista de los demás, consensuar respuestas colectivas y aprovechar el tiempo. Cuando las personas perciben que el papel que deben desempeñar está perfectamente establecido, se sienten con mayor posibilidad de administrar su tiempo, de proponer nuevas formas de realizar una tarea e incluso se sienten más integrados al grupo [3].

Puesto que los roles de equipo son manifestados por los integrantes de forma espontánea durante el trabajo del grupo, puede ocurrir que no haya un equilibrio adecuado causado por la no aparición adecuada de algunos roles. Aún siendo ésta una problemática común en la dinámica de trabajo grupal [17], actualmente no existen en el contexto del ACSC herramientas de software creadas para reconocer los roles de equipo planteados por Belbin.

Muchos sistemas registran las características de comportamiento de los usuarios cuando interactúan con otros. Uno de los enfoques más utilizados para hacer esto es la tecnología de agentes inteligentes [5, 14, 15], es decir, entidades que puedan actuar de manera autónoma y racional [11, 12]. Existen distintos tipos de agentes, uno de ellos es el agente de interfaz que captura los intereses de los usuarios de forma no intrusiva y registra esta información mediante la creación de un perfil de usuario [12].

En el contexto mencionado anteriormente, en este trabajo se describe un Sistema Inteligente Basado en Agentes (SIBA) capaz de analizar las interacciones que estudiantes colaborativos publican en foros y reconocer automáticamente, mediante el uso de redes bayesianas creadas especialmente, los roles de equipo desempeñados por esos alumnos.

Este artículo está organizado de la siguiente manera. La sección 2 presenta los roles de equipo y describe sus comportamientos asociados. La sección 3 describe el sistema inteligente creado. La sección 4 presenta la experimentación llevada a cabo y los resultados obtenidos. Finalmente, la sección 5 enuncia algunas conclusiones y posibles trabajos futuros.

## 2. ROLES DE EQUIPO

Mientras las conductas de un individuo en un equipo pueden ser infinitas, el rango de conductas útiles que realizan una contribución efectiva al trabajo del grupo es finito [2, 3]. La Teoría de Roles de Equipo creada por Belbin [2, 3] establece la existencia de nueve conductas o roles diferentes: Cerebro, Especialista, Coordinador, Cohesionador, Impulsor, Implementador, Investigador de recursos, Finalizador y Monitor-evaluador. Según el análisis efectuado por Ros Guasch [13] cada uno de estos roles de equipo se manifiesta a través de determinados comportamientos (Tabla 1).

Rol de equipo [2, 3]	Comportamientos asociados [13]
CEREBRO: una persona con un perfil de “cerebro” dedica una mayor parte de su tiempo en el equipo a la aportación de ideas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Aporta ideas de mejora o perfeccionamiento:</i> brinda ideas que proporcionan un incremento destacable en el valor del producto o de la tarea que el grupo está realizando.</li> <li>• <i>Aporta ideas que causan expectación o reacción:</i> brinda ideas originales que pueden o no ser aceptadas por el equipo pero que son valoradas de inmediato.</li> <li>• <i>Aporta ideas conceptuales que</i></li> </ul>

Rol de equipo [2, 3]	Comportamientos asociados [13]
	<p><i>reconducen la tarea o el debate:</i> brinda ideas que resultan de utilidad en momentos en que el grupo se halla disperso, provoca que reanuden la acción.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Aporta ideas que no influyen en el equipo:</i> brinda ideas que no influyen, pero esto no implica que deje de ser un creativo.</li> </ul>
ESPECIALISTA: es quien aporta conocimiento y argumentos especializados. Utiliza conceptos y lenguaje propios de su ámbito de especialización, y se expresa mediante vocabulario técnico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Aporta conocimiento especializado:</i> brinda datos técnicos, estadísticos, o resultados de sus experiencias previas en la tarea, con una base muy documentada.</li> <li>• <i>Utiliza una jerga o vocabulario técnico de difícil comprensión:</i> brinda conocimiento técnico utilizando un lenguaje de difícil comprensión.</li> </ul>
COORDINADOR: es quien desarrolla funciones de líder, pues organiza y estimula la participación de todos los miembros del equipo para alcanzar los objetivos o concretar la tarea encomendada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Identifica y aclara metas:</i> identifica puntos importantes para la tarea, percibe claramente cuál es el objetivo que se pretende alcanzar, y asume una función de liderazgo determinando que es lo que hay que hacer.</li> <li>• <i>Destaca aportaciones de sus compañeros relacionados con los objetivos:</i> Destaca públicamente comentarios importantes para el objetivo, generando “feed-back” positivo en los integrantes del equipo.</li> <li>• <i>Distribuye y administra recursos y tareas:</i> Si quedan tareas por realizar, evita que se concentren en pocos miembros mientras otros permanecen ociosos.</li> <li>• <i>Modera y administra las intervenciones de los miembros del equipo:</i> Fomenta el debate y la participación de todos los miembros, está atento para evitar que múltiples personas hablen a la vez.</li> <li>• <i>Pide datos e información a sus compañeros:</i> Solicita información para poder conocer y sincronizar las actividades del equipo.</li> <li>• <i>Promueve la participación de los miembros:</i> Busca con preguntas lograr la implicación personal de todos los integrantes con los objetivos o las metas.</li> </ul>
COHESIONADOR: es quien se ocupa de	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Realiza comentarios simpáticos y distendidos:</i> distiende al equipo</li> </ul>

Rol de equipo [2, 3]	Comportamientos asociados [13]
mantener una buena relación con los compañeros, antes que acometer la exigencia de la tarea, y brinda soporte emocional al equipo.	<p>con sus comentarios, mejora el clima y favorece la cohesión.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Apoya y refuerza las aportaciones de sus compañeros con comentarios positivos:</i> efectúa un apoyo emocional a sus compañeros, felicitándolos o animándolos.</li> <li>• <i>Hace comentarios utilizando el plural:</i> procura la cohesión y usa términos que propician el sentimiento de pertenencia al grupo.</li> <li>• <i>En situaciones de confrontación, toma la palabra y busca un elemento que aglutine al equipo:</i> detiene la confrontación, busca un punto neutro en la discusión o rescata aquellos puntos (quizás no relacionados con la tarea) en los que las personas están de acuerdo.</li> <li>• <i>Realiza comentarios que restan importancia a los elementos que generan tensión:</i> realiza comentarios que no tienen nada que ver con los objetivos ni la tarea para desviar la atención de las personas enfrentadas.</li> </ul>
IMPULSOR: es quien tiende a estimular al equipo a fin de cumplir los objetivos y metas. Es una persona activa y dinámica, que a través de su propia implicación o bien mediante comentarios, estimula la acción de todos los miembros del equipo y lo mantiene dentro del nivel de exigencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Verbaliza consignas que generan acción:</i> manifiesta siempre predisposición a la acción, está atento a que el grupo no se detenga ni se distraiga.</li> <li>• <i>Llama la atención a los miembros del equipo que no participan:</i> es persuasivo y llama la atención del compañero que no esté participando.</li> <li>• <i>Utiliza el imperativo “debemos, tenemos que...” en el sentido de implicación y urgencia en dar una respuesta:</i> puede expresarse de manera imperativa cuando considera que la tarea lo requiere, está orientado a cumplir con el plazo y con la calidad exigida por lo que no permite alguien permanezca distraído u ocioso.</li> <li>• <i>Toma la iniciativa para generar acción en las fases iniciales del equipo y también en las fases de inercia:</i> suele realizar las primeras aportaciones, detecta cuando el grupo está atravesando momentos de inercia o distracción y trata de reconducirlos a la acción aportando las primeras actuaciones (sean</li> </ul>

Rol de equipo [2, 3]	Comportamientos asociados [13]
	frases, tareas, etc.).
IMPLEMENTADOR: es quien convierte las ideas del grupo en realidades tangibles y operativas. Se trata de una persona práctica y orientada a la tarea.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Recoge las aportaciones surgidas y concreta las acciones a realizar:</i> Reformula las ideas aportadas y las plantea en términos operativos.</li> <li>• <i>Agrupar y sistematiza las aportaciones para generar acción:</i> Selecciona las ideas y conceptos surgidos en el diálogo que considera útiles y establece las acciones que permitan concretarlas.</li> <li>• <i>Ordena las acciones a realizar en una secuencia que facilite su implementación:</i> Ordena y prioriza las ideas estableciendo una secuencia para el desarrollo de la tarea que expresa al grupo.</li> <li>• <i>Ejecuta de forma inmediata las acciones que el grupo decide realizar:</i> Visualiza cómo hacer operativa una idea y tiene premura en ponerla en práctica.</li> <li>• <i>Desestima las propuestas que rompen con las líneas de la acción que está desarrollando el grupo:</i> Puede ser conservador y resistirse a cambiar. Cuando otro miembro del equipo aporta una nueva perspectiva o una idea innovadora, su comportamiento es de rechazo (aun si lo nuevo supone mejora).</li> </ul>
INVESTIGADOR DE RECURSOS: es quien busca recursos externos que son necesarios para el grupo, se caracteriza por tener facilidad para las relaciones personales y mantener redes de contacto útiles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Averigua y pide información al exterior para los objetivos del grupo:</i> contacta a personas externas al grupo para obtener información o recursos que puedan ser útiles.</li> <li>• <i>Busca el compromiso en las negociaciones:</i> es hábil para manejar negociaciones y es consciente de la necesidad de llegar a acuerdos.</li> <li>• <i>Se ofrece de forma voluntaria para negociar:</i> Muestra considerable autoconfianza.</li> <li>• <i>Explora caminos alternativos para solucionar problemas:</i> busca experimentar y cree que siempre existen caminos alternativos, suele proponer experiencias conocidas que con pequeñas variaciones pueden ser probadas como alternativas.</li> <li>• <i>Organiza la búsqueda de información:</i> elabora la lista de</li> </ul>

Rol de equipo [2, 3]	Comportamientos asociados [13]
	recursos que van a ser necesarios, da las instrucciones necesarias para buscarlos e indica posibles proveedores o fuentes.
FINALIZADOR: es quien realiza las tareas bajo presión, es metódico y ordenado, estructurado tanto en su forma de actuar como en la planificación del tiempo, está atento a los detalles y a las omisiones del grupo. Se asegura mucho antes de manifestar sus observaciones, analiza con profundidad antes de manifestar su opinión.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Consulta al grupo por las omisiones importantes en la tarea o proceso:</i> está atento a todo el desarrollo del proceso, y a los comentarios de sus miembros, observa cuando el grupo ha omitido algún aspecto y lo destaca.</li> <li>• <i>Revisa la consistencia de las ideas incidiendo en los detalles:</i> es minucioso repasando todas las ideas, asegurando que tengan sentido y consistencia.</li> <li>• <i>Puntualiza detalles concretos en la elaboración de la tarea:</i> busca alcanzar estándares de calidad óptimos y suele destacar insignificantes detalles para embellecer y perfeccionar la tarea.</li> <li>• <i>Plantea la necesidad de orden y estructura:</i> insiste en que se respete cierto orden y estructura en las ideas y en el desarrollo de las tareas.</li> <li>• <i>Muestra atención a los tiempos de ejecución:</i> hace comentarios respecto del tiempo transcurrido y del restante lo que permite al equipo entregar las tareas encomendadas dentro de los plazos establecidos.</li> </ul>
MONITOR-EVALUADOR: es quien pondera y evalúa (juzga) las ideas que está manejando el grupo, así como la viabilidad de ellas. Su visión es conceptual y global, no está ceñida a los detalles pues maneja diversas variables a la vez y eso le permite ver consecuencias futuras a largo plazo. Se destaca por ser analítico y obtener una visión global de los temas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Identifica las partes de un problema sin perder la globalidad:</i> es capaz de analizar y discernir las diferentes partes de un problema, esto no le impide mantener la visión global de la situación que hay que resolver.</li> <li>• <i>Valora globalmente una situación de forma sintética:</i> puede efectuar un resumen global y sintético de las múltiples ideas, inconvenientes y problemas que maneja el grupo.</li> <li>• <i>Establece vínculos o relaciones causales:</i> es capaz de sugerir relaciones causa-efecto en el problema o tarea a resolver.</li> <li>• <i>Visualiza diferentes perspectivas:</i> puede analizar el problema desde diferentes perspectivas actuando como “abogado del diablo”.</li> <li>• <i>Infiere los planteamientos de sus compañeros:</i> trata de inferir los pensamientos de sus compañeros e</li> </ul>

Rol de equipo [2, 3]	Comportamientos asociados [13]
	incluso llega por ellos. <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Sopesa la viabilidad de las propuestas:</i> evalúa el impacto de las propuestas de grupo.</li> </ul>

Tabla 1. Roles de equipo y sus comportamientos asociados

Mientras se desarrolla la dinámica de colaboración en un equipo algunos roles son naturales en sus integrantes y por ello aparecen espontáneamente, otros son roles que la persona adopta sólo si es necesario y, finalmente, otros roles son completamente evitados por cuanto la persona no se siente cómoda desarrollándolos en ninguna circunstancia. La identificación de los roles de equipo manifestados por los integrantes de grupos resulta crucial para el estudio de la efectividad de los grupos.

Según Belbin, la ausencia de uno de los roles de equipo debilita al grupo, pero también la redundancia de un rol produce fallos predecibles en su funcionamiento, es así que su teoría establece también la necesidad alcanzar el equilibrio de roles de equipo [2].

### 3. SISTEMA DESARROLLADO

El sistema inteligente desarrollado funciona bajo la Plataforma Simple Machine Forums (SMF), uno de los foros más reconocidos y usados en la actualidad por ser de uso profesional y gratuito [16]. Tomando como base la funcionalidad de SMF, que puede resumirse en: mantener actualizada la información de los usuarios, de los cursos, de las actividades de cada curso, de los grupos por curso y de los integrantes de cada grupo; almacenar las interacciones de los estudiantes de cada curso; entre otras; se realizaron las modificaciones necesarias para integrar el sistema inteligente a dicha plataforma y poder llevar a cabo el reconocimiento de roles de equipo.

Cabe mencionar que para modelar las interacciones se decidió utilizar una interfaz semiestructurada basada en el uso de oraciones de apertura o frases disparadoras. Una oración de apertura es una frase predefinida que se emplea para comenzar una contribución en un diálogo [9, 10]. De esta manera el estudiante selecciona, desde el conjunto, alguna frase prediseñada y completa su contribución con texto libre. Para definir el conjunto de frases disparadoras disponible en la interfaz del sistema se consideraron los diferentes comportamientos asociados con cada rol de equipo (Tabla 1). Esta tarea fue desarrollada con ayuda de un psicopedagogo quien sugirió el texto asignado a cada frase. La interfaz creada cuenta con una frase disparadora específica para cada comportamiento. En la Tabla 2 se muestra, a modo de ejemplo, las oraciones de apertura definidas para el rol de equipo Coordinador.

A fin de sistematizar las actividades del proceso de desarrollo del sistema propuesto, se utilizó GAIA [18], que es una metodología pensada especialmente para sistemas basados en agentes. Sin desconocer la existencia de otras metodologías que sirven al mismo propósito, se optó por GAIA puesto que se trata

de un enfoque conciso, claro y específico que permite agilidad en el desarrollo.

COORDINADOR	
Comportamientos	Frases disparadoras
Identifica y aclara metas	<i>“El objetivo nuestro es...”</i>
Destaca aportaciones de otros	<i>“Tiene razón cuando dice que...”</i>
Distribuye y administra recursos y tareas	<i>“Una de las dos...”</i>
Modera y administra las intervenciones	<i>“Que les parece...que opinión tienen...”</i>
Pide datos e información	<i>“Solicito la información de...”</i>
Promueve la participación	<i>“Como lo harían...”</i>

Tabla 2. Frases disparadoras para el rol de equipo Coordinador

Dado que GAIA parte de la Especificación de Requerimientos, tal especificación fue el primer paso del desarrollo. En este punto se consideraron los requerimientos que satisface SMF, que fueron nombrados anteriormente, en este mismo apartado, y se especificaron los requerimientos propios que debe satisfacer el sistema inteligente, estos son:

*Req. 1.* Mantener actualizado el conjunto de frases disparadoras que deberá seleccionar un estudiante en cada interacción.

*Req. 2.* Mantener actualizada la correspondencia entre cada frase disparadora y el comportamiento asociado.

*Req. 3.* Registrar las interacciones de cada estudiante de un grupo. Para ello se deberá ingresar: identificación del estudiante, frase disparadora usada, grupo al que pertenece, fecha y hora de la interacción.

*Req. 4.* A partir de los registros de las interacciones el sistema deberá identificar el comportamiento evidenciado por cada estudiante en cada intervención.

*Req. 5.* Determinar él o los roles que cada estudiante haya manifestado dentro de un grupo, conforme a la relación especificada entre cada comportamiento y rol asociado.

*Req. 6.* El sistema deberá brindar información del perfil de cada estudiante, dentro de cada grupo.

Una vez definidos los requerimientos, se avanzó a la etapa siguiente, el Análisis. En esta etapa se definieron el Modelo de Roles, entendiendo por roles actividades que se esperan del sistema y el Modelo de Interacción, es decir, la comunicación entre los roles.

Para el Modelo de Roles se realizó una descripción de todas las actividades que son necesarias y en este sentido, los roles contemplados y la descripción de dichas actividades fueron:

i. **Gestión de Comportamientos:** responsable de capturar las interacciones de los diferentes grupos colaborativos, es decir, las contribuciones que los estudiantes de cada grupo realizan cuando

utilizan la interfaz de comunicación asíncrona (foro de discusión con frases disparadoras) y de crear la tabla de Interacciones (TI) ordenando las interacciones por grupo, alumno, frase usada y fecha; la definición de dicha tabla, se realiza durante el diseño.

ii. **Gestión de Perfiles:** para llevar a cabo este rol se aplicó una técnica de aprendizaje automático, particularmente Redes Bayesianas, sobre las interacciones almacenadas en la tabla de Interacciones de cada Grupo (TIG) para reconocer los roles de equipo que cada estudiante manifestó en dichas interacciones. Asimismo, se mantiene actualizada una tabla de perfiles de estudiantes con los roles detectados para cada uno de ellos y se alerta al profesor sobre los roles que los estudiantes manifiestan dentro de cada grupo colaborativo.

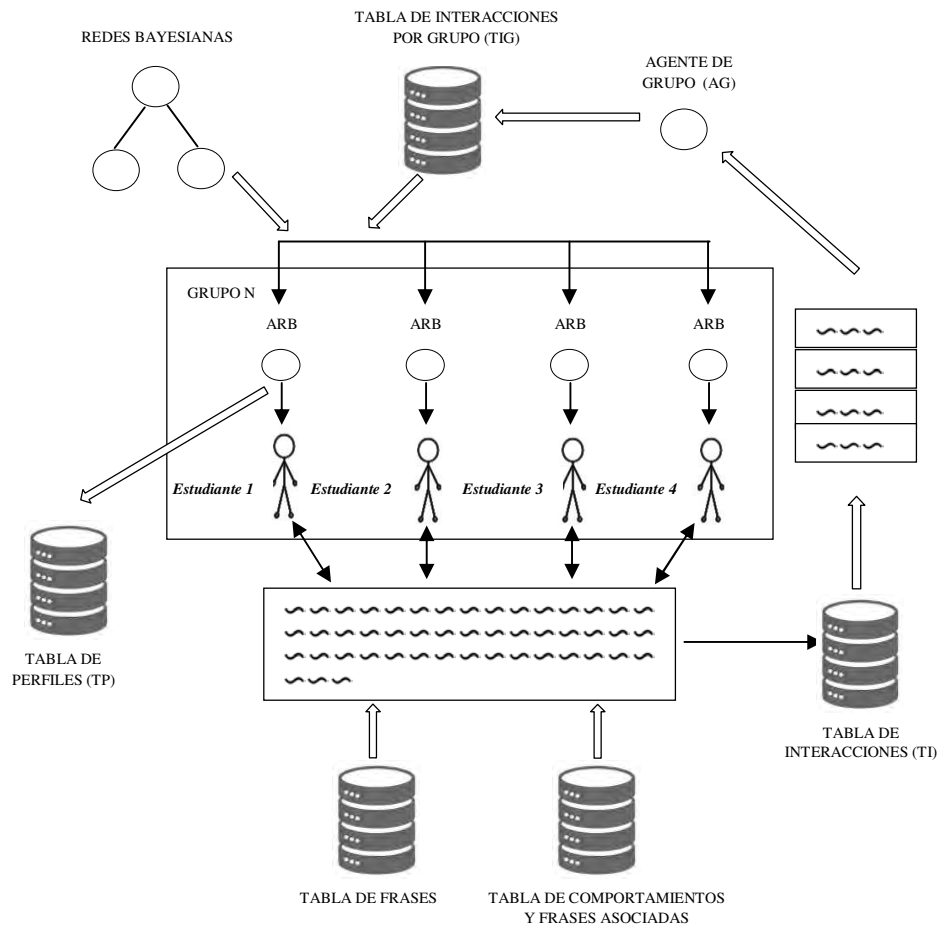
En el Modelo de Interacciones se realizó la descripción de las comunicaciones realizadas entre los roles definidos en el Modelo de Roles, especificando las acciones de cada rol, por ejemplo, capturar interacciones, ordenar interacciones por alumno, ordenar interacciones por grupo, relacionar frase disparadora con comportamiento, etc.; cómo y que rol inicia cada acción; qué rol responde y cuál o cuáles son las acciones que se generan en respuesta.

Durante el Diseño, etapa siguiente de la Metodología Gaia, se determinaron cuáles son los agentes necesarios para llevar a cabo las actividades de cada rol definido durante el Análisis; esto es: un Agente Gestor (AG) para cada grupo y un agente de Redes Bayesianas por cada estudiante (ARB).

El Diseño se completó con la especificación de la base de datos, bajo un enfoque relacional, para lo que se especificaron las tablas que la conforman y sus atributos: FRASES DISPARADORAS (id-frase, frase disparadora); COMPORTAMIENTOS Y FRASES ASOCIADAS (id-frase, comportamiento); INTERACCIONES (id-frase, id-estudiante, id-grupo, fecha, hora), INTERACCIONES POR GRUPO (cod-grupo, id-alumno, id-frase, fecha, hora) y PERFILES (id-estudiante, rol, fecha).

Una vez finalizado el Diseño, puede resumirse el sistema inteligente propuesto de la siguiente forma: se cuenta con dos tipos de agentes: un Agente Gestor (AG) para cada grupo y un agente de Redes Bayesianas por cada estudiante (ARB). Los estudiantes que constituyen cada grupo interactúan en el foro con otros estudiantes para realizar la tarea encomendada y todas las interacciones son almacenadas en la TI. Cada grupo de estudiantes es monitoreado por el AG que recupera las interacciones almacenadas por el sistema y las ordena por grupo para crear una Tabla de Interacciones de cada grupo (TIG). Cada estudiante cuenta con su propio agente personal ARB que, valiéndose de redes bayesianas especialmente creadas, y de la información contenida en la TIG, realiza la detección automática de los roles que cada estudiante haya manifestado durante la dinámica de colaboración. Esta información es almacenada creando el rol de equipo de cada estudiante, en la Tabla de Perfiles (TP).

Para finalizar el desarrollo del sistema inteligente se realizó la implementación en el lenguaje PHP. El sistema descrito se esquematiza en la Figura 1



**Figura 1.** Sistema Inteligente desarrollado

A fin de que cada agente ARB reconozca cuáles son los roles desempeñados por cada estudiante en cada grupo, se crearon nueve redes bayesianas diferentes. Las redes bayesianas son una de las técnicas más comúnmente usadas para modelar dominios inciertos. Una red bayesiana se compone de nodos que representan variables de interés y arcos dirigidos que conectan esos nodos representando relaciones causales entre las variables [8]. Un nodo puede ser independiente si no recibe influencia de ningún otro nodo, o dependiente si esa influencia existe. Cada nodo puede tomar distintos valores. El concepto clave en el tratamiento de la incertidumbre en una red bayesiana son las probabilidades condicionadas. Para cada nodo dependiente se especificaron estas probabilidades considerando la combinación posible de valores de los nodos de quienes recibe influencia. También para cada nodo independiente existe una probabilidad incondicional asociada, llamada probabilidad marginal o evidencia. El mecanismo de inferencia en una red bayesiana se basa en el Teorema de Bayes, el cual permite inferir el estado de

una variable, dada cualquier combinación de estados de otras variables en la red [8].

Cada una de las nueve redes bayesianas creadas contempla los comportamientos asociados con cada rol de Belbin, modelados a través de las frases disparadoras, para poder inferir el rol efectivamente manifestado por el estudiante en sus interacciones. La Figura 2 muestra, a modo de ejemplo, la red bayesiana elaborada para el rol Coordinador. Allí puede observarse un nodo dependiente para expresar el rol “Coordinador” y seis nodos independientes para expresar sus comportamientos: “identifica y aclara metas (ICM)”, “Destaca aportaciones de otros (DAO)”, “Distribuye y administra recursos y tareas (DART)”, “Modera y administra las intervenciones (MAI)”, “Pide datos e información (PDI)” y “Promueve la participación (PLP)”. La variable dependiente es booleana (Si/No). El valor asumido por esta variable depende de los valores asociados a las variables independientes (evidencias) y de las probabilidades condicionadas. Con la ayuda del psicopedagogo se definieron las probabilidades condicionadas para las 729 (3<sup>6</sup>) combinaciones



posibles de las variables independientes. Estas variables pueden asumir uno de tres valores: Superior, Medio o No aparece. El valor se asigna considerando las evidencias, es decir, el porcentaje de uso de las frases de apertura vinculadas con cada una. Los rangos establecidos son: 0 %: No aparece, 1 % a 40 %: Medio, mayor a 40%: Superior. Así, la red bayesiana permite inferir la probabilidad de que un estudiante manifieste el rol de equipo Coordinador tomando como evidencia el uso de las frases de apertura asociadas. Las ocho redes restantes operan de manera similar a la descripta. Cabe aclarar que para un estudiante que manifiesta más de un rol durante su dinámica de colaboración, las redes correspondientes a dichos roles inferirán el valor afirmativo para sus respectivas variables dependientes.

#### 4. EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS

Para validar el sistema inteligente desarrollado se realizaron cuatro experiencias con sesiones colaborativas especialmente diseñadas. Los problemas a resolver consistieron en preguntas a responder de manera consensuada, mediante la lectura previa de material suministrado y el diálogo entre las personas integrantes utilizando el sistema. El plazo de ejecución de la tarea fue de 15 días. La totalidad de los grupos constituidos entra en la categoría de grupo pequeño (small group), es decir entre 3 y 5 integrantes, dimensión aconsejada para los grupos de ACSC [1, 4, 6]. Todas las interacciones producidas durante las sesiones fueron almacenadas y procesadas por el sistema a fin de detectar los roles de equipo manifestados. Cabe aclarar que cada estudiante integró sólo un grupo, y que ninguno había utilizado antes el sistema, ni la plataforma SMF.

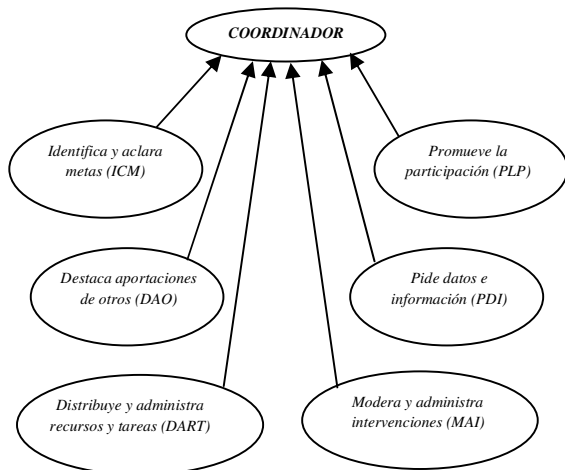


Figura 2. Red bayesiana para el rol Coordinador

La primera experiencia se realizó en el marco de la asignatura Inteligencia Artificial, correspondiente al cuarto año de la carrera Licenciatura en Sistemas de Información. En esta experiencia participaron 9 estudiantes, 5 varones y 4 mujeres. Se conformaron tres grupos de trabajo: uno de cuatro integrantes, uno de tres integrantes y uno de dos integrantes. Producto del trabajo de estos grupos se recopilaban 121 interacciones.

La segunda experiencia tuvo lugar en el marco de la asignatura Base de datos II, correspondiente al quinto año de la carrera Licenciatura en Sistemas de Información. Participaron 13 estudiantes, 8 varones y 5 mujeres. Se conformaron cinco grupos de trabajo: tres grupos con tres integrantes cada uno y dos grupos con dos integrantes. Producto del trabajo de estos grupos se recopilaban 170 interacciones.

La tercera experiencia se realizó dentro de la asignatura Criptografía, correspondiente al quinto año de la carrera Licenciatura en Sistemas de Información. En ella participaron 10 estudiantes, mitad varones y mitad mujeres. Se constituyeron tres grupos: dos de tres integrantes y un grupo de cuatro. Producto del trabajo de estos grupos se recopilaban 211 interacciones.

La cuarta y última experiencia fue desarrollada en el marco de la asignatura Base de Datos, correspondiente al tercer año de la carrera Programador Universitario en Informática. En esta ocasión participaron 8 estudiantes, de los cuales 7 fueron varones y una única mujer. Los estudiantes fueron organizados en dos grupos de cuatro integrantes cada uno. Producto del trabajo de estos grupos se recopilaban 55 interacciones.

El sistema inteligente procesó así un total de 557 interacciones, reconociendo en ellas los roles de equipo correspondientes. A fin de contrastar los resultados inferidos por el sistema inteligente, esas interacciones también fueron analizadas por dos psicopedagogas que efectuaron el reconocimiento manual de los roles de equipo. La Tabla 3 muestra una comparación de los roles reconocidos automáticamente por el sistema para la tercera experiencia, con los detectados mediante el análisis manual realizado por la experta.

Estudiante	Psicopedagoga	Sistema
Eugenia	Finalizador Cohesionador	Cerebro Coordinador Impulsor
Javier	Cohesionador	Coordinador Implementador Impulsor
Juan	Investigador de recursos Monitor-Evaluador	Cerebro Coordinador
Luciana	Especialista Monitor-Evaluador	Finalizador Impulsor Monitor-Evaluador
Luján	Implementador Especialista	Cerebro Coordinador Especialista
Mauro	Especialista	Cerebro Especialista
Milagros	Especialista Monitor-Evaluador	Coordinador Especialista
Nicolás	Cerebro Especialista	Cerebro
Raúl	Impulsor Finalizador	Cerebro Especialista Impulsor
Belén	Coordinador Impulsor	Cerebro Coordinador

Tabla 3. Comparación de reconocimiento automático y manual en la tercera experiencia

Para validar la eficiencia del sistema se utilizaron las métricas Precisión y Recall, aplicadas en los sistemas adaptativos de recuperación y de filtrado de información [7], donde Precisión es el ratio entre los contenidos relevantes para el usuario y los presentados a él, y Recall es el ratio entre los contenidos relevantes para el usuario y el total de contenidos disponibles. Matemáticamente, estas métricas se definen como: Precisión =  $TP/TP+FP$  y Recall =  $TP/TP+FN$ ; siendo TP el número de contenidos relevantes propuestos al usuario; FP los contenidos propuestos al usuario pero que no le resultaron interesantes; y FN los contenidos no sugeridos al usuario pero que probablemente habrían sido de su agrado. Debido a esto, se conoce a TP como total de verdaderos positivos, a FP como cantidad de falsos positivos, y a FN como cantidad de falsos negativos [7]. Para nuestra investigación, TP quedó igualado al número de roles asignados por el sistema, FP a la cantidad de asignaciones de rol que no coincidieron con la efectuada por el psicopedagogo, y FN a la cantidad de roles que no asignó el sistema pero que debería haberlo hecho según el psicopedagogo.

	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4
TP	TP2=21	TP2=30	TP2=20	TP2=14
FP	FP2=12	FP2=23	FP2=8	FP2=8
FN	FN2=6	FN2=12	FN2=12	FN2=5
Precision	0,64	0,57	0,71	0,64
Recall	0,78	0,71	0,62	0,73

Tabla 4. Métricas aplicadas sobre los resultados

Puesto que el 75 % de los valores para Precisión y el 100 % de los calculados para Recall superan el 0,60, las métricas obtenidas se consideran satisfactorias. No obstante, estos resultados podrían mejorarse de contar con una mayor cantidad de interacciones tomadas para análisis.

## 5. CONCLUSIONES

Este artículo presenta un sistema inteligente capaz de reconocer automáticamente los roles de equipo a partir de las interacciones registradas por estudiantes que realizan actividades de aprendizaje colaborativo en un foro. El sistema es una herramienta disponible para docentes, que podrán detectar cuáles son los roles de equipo que manifiestan sus estudiantes cuando llevan a cabo sus tareas de diálogo asíncrono.

Como líneas de trabajo futuras, a corto plazo, se espera reforzar la validación del sistema. Actualmente se están llevando a cabo nuevas experiencias de uso que permitirán disponer de una mayor cantidad de resultados. También se está diseñando una encuesta para recabar opiniones vinculadas con criterios de usabilidad por parte de los docentes y estudiantes que utilicen el sistema, y se están considerando otras posibilidades para definir los valores y rangos de las variables independientes en las redes bayesianas creadas. A mediano plazo, se planea modificar la interfaz del sistema para que permita que los estudiantes adjunten imágenes y archivos en sus interacciones, y también se quiere contrastar resultados con otras experiencias a realizar donde no exista supervisión por parte del docente durante la ejecución de

las tareas. A largo plazo, se pretende incorporar a las funcionalidades actuales los procedimientos necesarios para aplicar acciones correctivas automáticas y personalizadas cuando las manifestaciones de los roles de equipo dentro del grupo no sean equilibradas. También se está considerando emplear técnicas de procesamiento de lenguaje natural que posibiliten abandonar la actual interfaz semiestructurada basada en oraciones de apertura.

Indudablemente, la manifestación adecuada de los roles de equipo dentro de un grupo de estudiantes es vital para realizar un trabajo coordinado y desarrollar una experiencia exitosa de aprendizaje colaborativo. Dado que a la fecha no existe una aplicación con las características del sistema presentado en este artículo, su desarrollo resulta una contribución importante y original al área del Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue parcialmente financiado por el Proyecto de investigación “Mejorando escenarios de Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadoras” (CICYT-UNSE Código 23/C138).

## REFERENCIAS

- [1] Beebe, S. and Masterson, J. 2003. *Communicating in small groups*. Pearson Education Inc, USA.
- [2] Belbin, M. 2001. *Managing without Power*. Butterworth-Heinemann, Oxford.
- [3] Belbin, M. 1996. *Team Roles at Work* (2nd. ed.). Butterworth-Heinemann, Oxford.
- [4] Csernica, J., Hanyka, M., Hyde, D., Shooter, S., Toole, M. and Vigeant, M. 2002. *Practical guide to teamwork*. College of Engineering, Bucknell University
- [5] Costaguta, R., Garcia, P. and Amandi, A. 2011. Using Agents for Training Students Collaborative Skills. *IEEE Latin America Transactions*, vol. 9 (7), pp. 118-124.
- [6] Davis, B. 1993. *Tools for Teaching*. Jossey-Bass Inc., San Francisco: California
- [7] Gena, C. 2005. Methods and techniques for the evaluation of user-adaptive systems. *The Knowledge Engineering Review*, vol. 20(1), pp. 1-37.
- [8] Jensen, F. 1998. *An introduction to Bayesian Networks*. UCL Press, UK.
- [9] Jermann, P. and Schneider, D. 1997. Semi-structured interface in collaborative problem solving. *Proceedings of the First Swiss Workshop on Distributed and Parallel Systems*, Switzerland.
- [10] Lazonder, A., Wilhelm, P. and Ootes, A. 2003. Using sentence openers to foster student interaction in computer-mediated learning environments. *Computers and Education*, vol. 41 (3), pp. 291-308.
- [11] Maes, P. 2004. Agents that reduce work and information overload. *Communication of the ACM*, vol. 37 (7).
- [12] Nwana, H. 1996. Software Agents: An Overview. *Knowledge Engineering Review*, vol. 11 (3).
- [13] Ros Guasch, J. 2006. *Análisis de roles de trabajo en equipo: Un enfoque centrado en comportamientos*. PhD. Thesis. Universidad Autónoma de Barcelona, España.
- [14] Schiaffino, S., Garcia, P. and Amandi, A. 2008. eTeacher: Providing personalized assistance to e-learning students. *Computers and Education*, vol. 51(4), pp. 1744-1754.
- [15] Schiaffino, S. and Amandi, A. 2009. Building an expert travel agent as a software agent. *Expert Systems with Applications*, vol. 36 (2), pp. 1291-1299.
- [16] Simple Machine Forum. <https://www.simplemachines.org/>
- [17] Soller, A. 2001. Supporting Social Interaction in an Intelligent Collaborative Learning System. *Int. Journal of Artif. Intelligence in Education*, vol. 12, pp. 40-62.
- [18] Wooldridge, M., Jennings, N. and Kinny, D. 2000. The Gaia Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design. *Journal Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, vol. 3 (3), pp. 285-312.

**Generación Z y Fortnite: Nuevos paradigmas éticos de diseño de videojuegos**

Rosa Maria Gil Iranzo, Carina González, Patricia Paderewski, Joan Arnedo Moreno, Marga Domenech and Maria Lleras de Frutos.

**Abstract:** Las formas de interacción con los usuarios por parte de la llamada Generación Z supone un nuevo desafío para los diseñadores de software. El diseño de videojuegos y aplicaciones que “enganchen” pueden fomentar la aparición de ciertos patrones de conducta inesperados en los usuarios, como el “Game Disorder” y también el “Internet Game Disorder” que actualmente son objeto de investigación. En este artículo se analiza un caso concreto, el videojuego Fortnite, y los elementos de mayor enganche entre un grupo de usuarios de dicha generación (561 niños y niñas de entre 8 y 11 años de edad). Mediante este estudio, se pueden observar las conductas y hábitos desarrollados, principalmente respecto a la demografía de los grupos de juego, cuando juegan y qué elementos del diseño les resultan más atractivos. Por ello, este artículo pretende destacar la importancia de la inclusión de valores éticos en el diseño de los videojuegos orientados a niños y niñas. Como principales resultados del estudio se destaca que juegan habitualmente con sus amigos/as y compañeros/as del colegio, que juegan principalmente los fines de semana (74%) y festivos, algunos más de 2 horas diarias (42%) y que lo que más les engancha es la mecánica del escondite. Detectamos que juegan mayoritariamente (60%) niños y niñas menores de la edad recomendada para este videojuego (12 años) y que, a esas edades, realizan transacciones económicas en el mismo, como compras de skins y bailes. Por ello, este artículo pretende destacar la importancia de la inclusión de valores éticos en el diseño de los videojuegos orientados a niños y niñas y de la información a los padres y madres sobre los aspectos positivos y negativos de los videojuegos en línea, con el fin de incorporarlos a la disciplina del análisis de requisitos.

Notes/Notas:

# Generación Z y *Fortnite* : Nuevos Paradigmas Éticos de Diseño de Videojuegos

Rosa M. Gil  
Departamento de Informática e  
Ingeniería Industrial  
*Universitat de Lleida*  
rgil@diei.udl.cat

Carina González  
Departamento de Ingeniería  
Informática y de Sistemas  
*Universidad de la Laguna*  
cjgonza@ull.edu.es

Patricia Paderewski  
Departamento de Lenguajes y Sistemas  
Informáticos  
*Universidad de Granada*  
patricia@ugr.es

Joan Arnedo-Moreno  
Estudios de Informática (EIMT)  
*Universitat Oberta de Catalunya*  
Barcelona  
jarnedo@uoc.edu

Marga Domenech  
*Equip d'Assessorament*  
*Psicopedagògic (EAP- B-39)*  
Generalitat de Catalunya  
mdomen85@xtec.cat

María Lleras de Frutos  
Psicóloga Clínica  
*Unitat de Conductes Addictives de*  
*l'Adolescent.*  
HSJD/Unitat de Psicooncologia Institut  
Català d'Oncologia  
mlleras@iconcologia.net

## ABSTRACT

Las formas de interacción de los usuarios por la Generación Z suponen un nuevo desafío para los diseñadores de software. El diseño de videojuegos y aplicaciones que “enganchen” pueden fomentar la aparición de ciertos patrones de conducta inesperados en los usuarios, como el “*Internet Game Disorder*” que actualmente es objeto de investigación. En este artículo se analiza el videojuego *Fortnite* y los elementos de mayor enganche entre un grupo de usuarios de dicha generación (561 niños/as entre 8 y 11 años). Mediante este estudio, se pueden observar las conductas y hábitos desarrollados, principalmente respecto a la demografía de los grupos de juego, cuándo juegan y qué elementos del diseño les resultan más atractivos. Como principales resultados se destaca que juegan habitualmente con sus amigos/as del colegio y los fines de semana (74%) y/o festivos, algunos más de 2 horas diarias (42%) y que lo que más les engancha es la mecánica del escondite. Juegan mayoritariamente (60%) niños/as menores de la edad recomendada para este videojuego (12 años) y realizan compras de *skins* y bailes. Este artículo pretende destacar la importancia de la inclusión de valores éticos en el diseño de los videojuegos orientados a niños/as y en la información a los padres y madres sobre los aspectos positivos y negativos de los videojuegos, con el fin de incorporarlos a la disciplina del análisis de requisitos, pues se pretende crear nuevos paradigmas éticos en el desarrollo de videojuegos.

## CCS CONCEPTS

• Human-centered computing • Human Computer interaction (HCI) • User studies

**KEYWORDS:** Videojuegos, Ética, *Engagement*, Diseño de Software, Factores humanos

## 1 Introducción

Las formas de interacción entre los usuarios y los nuevos dispositivos tecnológicos evolucionan constantemente. Dependiendo de la generación a la que se pertenezca, las formas de interaccionan cambian. Baby Boomers (nacidos entre 1944-1964), Generación X (1965 – 1979), Millenials (1980 – 1994) o Generación Z (1995 – 2012) son grupos a los cuales los desarrolladores de software se dirigen de diferente manera. Estos grupos comparten tendencias tecnológicas concretas, que son explotadas para conseguir más ventas.

Es necesario un estudio para asegurar que los criterios con los que se diseñan las aplicaciones son éticos. En este caso se presenta un caso concreto de videojuegos, del tipo *Battle Royale*, personalizado en el videojuego *Fortnite*, examinando el efecto en los más pequeños o también llamados Generación Z. El caso de esta generación es especialmente interesante, pues se la considera aquella cuyos miembros han crecido en un entorno donde Internet, las redes sociales y los videojuegos ya son elementos omnipresentes en la sociedad. Este estudio pretende hacer reflexionar a los diseñadores sobre cómo se deben diseñar los videojuegos para enganchar usuarios, tratando, sin embargo, de no contribuir al desarrollo de la adicción entre ellos. Como veremos, esto sólo se puede realizar cuando se entiende de forma integral la interacción entre usuarios y el uso del videojuego.

Por otra parte, la adicción a las tecnologías de los más jóvenes es creciente [1]. La Organización Mundial de la Salud en 2018 incluyó a la adicción a los videojuegos o “*Internet Game Disorder*” o IGD [5, 26] dentro de su clasificación de enfermedades, en el apartado de adicciones sin sustancia o comportamentales, descrito dentro del propio juego patológico descrita en la Clasificación Internacional de las Enfermedades

CIE-11 en su última versión de 2018 [26]. El IGD es definido como un patrón de conducta caracterizado por un control deficiente sobre el videojuego, aumentando la prioridad otorgada al mismo sobre otras actividades en la medida en que el videojuego tenga prioridad sobre otros intereses y actividades diarias, y la continuación del videojuego a pesar de sus consecuencias negativas. La adicción es multifactorial, siendo el tipo de videojuego un elemento muy relevante en la ecuación.

Este trabajo busca entender desde la raíz las implicaciones que tiene el diseño en este caso de un tipo de videojuego, analizando los riesgos e implicaciones éticas que tiene. Se desea reflexionar sobre la importancia de incluir en el desarrollo de software, en este caso, de los videojuegos, los aspectos éticos. A diferencia de la metodología de diseño de requisitos que considera los aspectos éticos a preservar como el VSD (*Value Sense Design*) [2]. En nuestro caso, estamos ante un paso anterior en el que se desconocen estos aspectos y partimos de la hipótesis de que no han sido considerados cuando se realizó el diseño del software. Por ello, ilustraremos cómo analizar estos valores éticos en el diseño de software con un caso concreto como es el del videojuego *Fortnite*.

Con este estudio buscamos entender qué mecanismos psicológicos se han desarrollado en función de la edad y poder dilucidar por qué ya a edades tempranas se pueden encontrar jóvenes con IGD, de forma que mejore nuestra formación como investigadores y formadores de profesionales del sector. Además, este trabajo pretende ayudar a la comunidad de diseñadores de videojuegos a determinar qué mecánicas son potencialmente adictivas y por qué, para así poder brindar recomendaciones sobre el diseño ético en videojuegos.

Los objetivos de este trabajo son los siguientes:

1. Estudiar y confirmar que los niños y niñas juegan a *Fornite* por debajo de la edad recomendada (12 años).
2. Conocer las conductas y hábitos que desarrollan los niños y niñas hacia el videojuego.
3. Encontrar qué elementos del videojuego les gusta más a los niños y niñas.
4. Encontrar si se realizan transacciones económicas en el juego examinando qué compran.

El artículo se organiza de la siguiente manera. En primer lugar, se analizan los aspectos que se deben tener en cuenta para poder hablar de adicción y qué características presentan los usuarios que tienen mayores riesgos a hacerse adictos. En segundo lugar, se analizan a los videojuegos a los que juega la Generación Z, explicando conceptos claves relacionados con el juego y los principales peligros que supone el desconocimiento de sus mecanismos de interacción. Posteriormente, se presenta el estudio que se ha realizado en diferentes colegios de educación primaria sobre las edades a las que juegan, qué hábitos y conductas desarrollan alrededor del videojuego y qué mecanismos son los que les producen mayor enganche.

## 2 Factores Humanos: riesgos del diseño del “engagement”

A continuación, se presentan un conjunto de factores humanos que deben considerarse como factores críticos en el diseño de videojuegos, ya que se relacionan a la influencia que pueden tener sobre el comportamiento de los niños y niñas.

### 2.1 Relación de la personalidad y la tendencia a la adicción

La adicción a las tecnologías o adicciones tecnológicas [25] está relacionada con el malestar psicológico, baja autoestima, emociones negativas, frustración, soledad, narcisismo o bajo autocontrol. Por ello, las personas con bajas habilidades sociales, baja tolerancia a la frustración y baja capacidad de autocontrol, como pueden ser los jóvenes entre 14 y 19 años, son más vulnerables a la adicción a las tecnologías [20]. La adolescencia es el periodo de la neuromaduración cerebral, se desarrolla el autocontrol, siendo además la etapa de mayor narcisismo y menor empatía, menor comprensión de las consecuencias a largo plazo asociadas a los actos. Esto explica que los jóvenes sean más sensibles a las redes sociales, videojuegos y otras conductas potencialmente autodestructivas como consumo de drogas o autolesiones.

### 2.2 Desarrollo del mecanismo de recompensa y de autocontrol en los niños según edades

Los niños, niñas y adolescentes no tienen la capacidad para ejercer autocontrol ya que esta habilidad se desarrolla desde la primera-segunda infancia hasta la adolescencia [3]. La adolescencia comprende un período fundamental en la maduración y evolución del ser humano, caracterizado por cambios físicos, cognitivos, psicológicos y sociales: es la etapa de transición. Se incrementa la inestabilidad afectiva, surgen los primeros distanciamientos y conflictos del adolescente con sus padres, a quienes se les reclama más libertad, aflora la necesidad de vinculación a los iguales y aparecen las ganas de experimentar. Es por ello que es la etapa de mayor vulnerabilidad a los trastornos adictivos y otras enfermedades mentales.

La investigación describe varios factores de riesgo para las adicciones en la adolescencia, sin embargo, la adicción a las tecnologías aún es más desconocida y se ha detectado la soledad como el principal factor de riesgo [1]. Existen otros factores que, unidos a la soledad, pueden generar mayores problemáticas adictivas: baja autoestima, personalidad de tipo inseguro, timidez (o escasas habilidades sociales), presencia de algún déficit en el entorno familiar, baja supervisión o el desconocimiento de las nuevas tecnologías por parte de los progenitores/tutores (y la incapacidad entonces de ayudar en el inicio y gestión de las mismas) [4].

El autocontrol en el caso de los niños y niñas está en los padres y madres, son ellos los que tienen que limitar el tiempo y tipo de videojuego. Si desde pequeños no se les restringe este tiempo, sino que se les enseña a controlar el tiempo a que dedican sus actividades (mientras están jugando con el videojuego están

dejando de hacer otras cosas), es más fácil que de mayores tengan la capacidad de autoregularse. En el caso de jóvenes y adolescentes es más complicado porque la autoregulación la han de hacer ellos y si no lo han aprendido de más pequeños cuesta más.

### 2.3 Enfermedades mentales y elementos que las puedan catalizar según las edades

La prevalencia de la adicción a las tecnologías es aproximadamente un 13.6 % en nuestro entorno [5, 24]. La comorbilidad entre pacientes con adicciones es muy elevada (comorbilidad=varias enfermedades mentales), acuñando un término propio: trastorno dual (adicción + otro trastorno mental). En adicciones a sustancias está ampliamente estudiado, pero en las adicciones tecnológicas, de nuevo, se produce más discrepancia.

Los pacientes con IGD presentan unas elevadas tasas de comorbilidad con otros trastornos mentales. El 96% de los casos de adicción al videojuego están asociados con otros trastornos mentales, siendo los más frecuentes los Trastornos del Estado de Ánimo, el Trastorno de Ansiedad Generalizada, el Trastorno de Pánico, la Fobia Social, el Trastorno Obsesivo Compulsivo, el Trastorno por Uso de Sustancias, el Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad, Trastornos de conducta, Trastornos de Personalidad y Trastornos Psicóticos .

## 3. Videojuegos de la Generación Z

En esta sección analizaremos a los videojuegos como fenómeno cultural del siglo XXI, cuáles son sus principales características y los principales peligros que conlleva el desconocimiento generalizado existente sobre cómo y para qué fines están diseñados. Por último, analizaremos el videojuego *Fortnite*, objeto de estudio de éste trabajo.

### 3.1 Clarificando conceptos sobre el juego

El juego es una actividad inherente a los seres humanos y ha estado presente siempre y en todas las culturas [6,17]. El juego es un concepto compacto que reúne una serie de rasgos pertinentes e inseparables que, para Navarro [7], son: placer, incertidumbre, acuerdos-reglas, e improductividad. En este sentido, los videojuegos y la gamificación son parte del concepto amplio del juego.

Aunque la investigación sobre videojuegos como fenómeno cultural, videojuegos y educación y sobre la gamificación en educación está consolidada a nivel nacional e internacional, para la sociedad en general todavía son un fenómeno desconocido. De esta forma, no distingue entre los diversos matices de los diferentes conceptos relacionados al juego (por ejemplo, gamificación, videojuegos educativos, *exergames*, e-sports, etc.) y se le asigna la pátina de bondad del juego a todos ellos, muchas veces, tomándolos como sinónimos. Esto hace que los padres y madres de la generación Z tengan actitudes diferentes frente a los

videojuegos debido el desconocimiento de este fenómeno. A este desconocimiento generalizado, debemos sumarle la publicidad en los medios y noticias movidas por los intereses económicos que mueve a la industria de los videojuegos y cuyo objetivo es crear “gamers” y consumidores de un nuevo ecosistema de productos y servicios de ocio electrónico. En este último punto nos encontramos ante los videojuegos del tipo e-sports, que actualmente se están introduciendo no sólo en el ocio de nuestros niños y jóvenes, sino en otros ámbitos como el educativo, turismo, etc. [8, 19].

Los videojuegos y los e-sports [13,14,15] no son sinónimos. Todos los e-sports son videojuegos, pero no todos los videojuegos son e-sports. Los e-sports tampoco son videojuegos activos ni educativos, sino que son competiciones de videojuegos seguidas por miles de seguidores a través de la red (*streaming*).

Si bien cuando hablamos de e-sports es importante no olvidar que se trata de un contexto de jugadores profesionales [16], éstos han servido para popularizar especialmente aquellos videojuegos con un aspecto de juego online competitivo (aunque este tipo de juegos han existido desde hace décadas [21]). Dichos juegos tienen características que los hacen altamente adictivos y están cambiando la tendencia en el diseño de los videojuegos en la industria hacia este estilo, especialmente dado su potencial lucrativo para un mercado global de espectadores a través de plataformas de *streaming*. Su estructura, organización y contexto busca un alto grado de intensificación en su práctica.

Asimismo, este tipo de videojuegos comerciales tienen compras integradas en el juego que incentivan a realizar microtransacciones para poder superar determinados niveles del juego o comprar objetos virtuales u obtener premios sorpresa. Aunque al principio pueda jugarse gratuitamente, estos videojuegos incentivan y buscan que los jugadores gasten dinero (real) para mejorar su experiencia de juego. Este comportamiento es alimentado constantemente con mensajes y notificaciones al usuario para lograr que finalmente realice una transacción económica.

Dentro de las mecánicas que utilizan algunos videojuegos comerciales encontramos la lucha o violencia y dentro de su contenido el uso de estereotipos. La violencia como mecánica de actuación respecto a los demás personajes del videojuego es un uso contrario a las prácticas que tratan de educar en el conflicto, pues transmiten, simbólicamente, violencia. De manera directa, la violencia se ejerce a través de los personajes, como ocurre en muchos de estos videojuegos. Asimismo, se transmiten estereotipos sexistas a través de la estética de sus personajes y de la narrativa. Sin embargo, en los códigos éticos de la enseñanza se ha erradicado la violencia y los estereotipos sexistas de los libros de texto escolares y de los centros educativos [18].

Aunque el código PEGI (*Pan European Game Information*) [9] establece los criterios y recomendaciones de videojuegos según su contenido asignando un nivel de edad de entre seis niveles (3, 7, 12, 16 y 18 años), algunos videojuegos no cumplen todos los criterios que se asignan para cada nivel, solo una parte de ellos. En este sentido, la Plataforma ciudadana PASEA [10] reclama una

revisión del código PEGI, de autorregulación de la industria del videojuego. Por ejemplo, *League of Legends* está clasificado para +12 años, y debería, al menos, figurar +16 años por su violencia a través de personajes y los estereotipos de género. *FIFA* está clasificado para +3 años, lo cual es desafortunado porque además incluye lenguaje soez. *Clash Royale* se clasifica con +7 años, y contiene violencia “moderada o poco realista”, en un contexto de armas medievales.

De la misma forma, la gamificación y los videojuegos no son lo mismo. La gamificación extrae los elementos, dinámicas, componentes del juego aplicados a contextos de no juego o serios, como por ejemplo el educativo [22]. Por ello, la gamificación aplicada a los procesos de enseñanza aprendizaje o experiencia educativa puede ser una poderosa herramienta para generar emociones, motivación y enganche. La gamificación estudia la motivación humana para potenciar este enganche. Pero no toda gamificación es eficaz ni funciona a largo plazo, depende de su diseño [23].

Los videojuegos educativos fueron creados con un fin didáctico. Aunque hay videojuegos comerciales, que correctamente seleccionados y trabajados con una metodología de aprendizaje basado en juegos, son buenos recursos educativos (i.e. *Minecraft*). Los videojuegos comerciales, en general, no son videojuegos educativos, y habría que estudiar las características de cada uno de ellos en particular para ver su potencial educativo y sus riesgos. Es en este sentido en el que se propone el estudio sobre el videojuego *Fortnite*.

### 3.1 Caso del *Fortnite*

*Fortnite* es el videojuego en línea más popular del mundo siendo ya un fenómeno de ocio digital dentro de su tipología de videojuego. Desde su salida al mercado el 25 de julio de 2017, su crecimiento en número de usuarios ha sido constante, contando en enero de 2019 con alrededor de 200 millones de suscriptores.

El origen nos remonta a la novela, y posterior adaptación al manga y a la gran pantalla, de ‘*Battle Royale*’ de Koushun Takami [11]. En el juego de la compañía *Epic*, los jugadores aterrizan mediante un paracaídas en un lugar que eligen en una isla (la isla de Okishima en la obra original de Takami). El objetivo es simple y consiste en eliminarse mutuamente hasta que sólo quede un superviviente. Sin embargo, *Epic Games* ofrece modos cooperativos. Se trata de un juego gratuito que incluye micropagos para la personalización del personaje. Dicho juego se divide en temporadas que duran aproximadamente unas ocho semanas, las cuales sirven para dar una temática y añadir una serie de desafíos como eliminar un número de jugadores con un arma en concreto, de forma que se crea una especie de metajuego.

Cuando se cumple un desafío se desbloquean nuevos niveles, PaVos -la moneda de juego- y elementos decorativos. No obstante, existe el llamado ‘Pase de Batalla’ cuyo precio está fijado en unos 10 euros y que solo se puede usar durante la temporada en cuestión, añadiendo una nueva capa a la experiencia: durante esas ocho semanas se da acceso a más desafíos, mejores recompensas que se ofrecen de manera más

seguidas y nuevos objetivos que giran en torno a la temática de cada temporada.

Se puede emprender la aventura en solitario, por parejas o en un escuadrón de cuatro jugadores, e incluso se han creado eventos de 50 contra 50. Existe un factor esencial, el terreno jugable va disminuyendo de manera gradual: la isla está rodeada por una tormenta que reduce la salud de los jugadores que están en su interior. Cada cierto tiempo (determinado por el modo de juego) se va estrechando el ojo de la tormenta con lo que en los últimos compases de la partida todos los supervivientes tienen que enfrentarse en menos espacio. Eso sí, es posible recuperar la salud perdida en la tormenta con vendas y botiquines. También para protegerse es posible construir refugios.

Las plataformas donde encontramos *Fortnite* son para *PC/Mac*, *Xbox*, *PlayStation*, *iOS*, *Android* y *Nintendo Switch*. Cabe destacar que *Fortnite* ha sido elaborado por un equipo multidisciplinar y que exhibe aciertos como que cada juego es diferente, existen varios modos de juego, no hay esperas aburridas y una larga lista positiva de mecánicas que hacen del juego la plataforma de ocio preferida. Sin embargo, la prensa ha alertado sobre los efectos negativos que puede ejercer este videojuego en niños tan pequeños. La plataforma *Netflix* considera que *Fortnite* es su competidor natural [12], pues los más pequeños prefieren plataformas donde la interacción sea mayor, pudiendo crear sus propias historias.

Pese a que la edad establecida por el código PEGI para jugar al videojuego se estipula a partir de los 12, niños de edades inferiores a la permitida juegan a él, con el permiso de los padres y madres. Esto puede deberse a que éstos piensan que al jugar los niños/as con compañeros que conocen no existe riesgo alguno para ellos y a que no prestan atención a las características del videojuego ni al código PEGI asociado. El hecho de ser tan popular hace que se presuponga que es jugable por cualquier niño o niña. Por ello, en el estudio exploratorio que presentamos a continuación deseamos conocer qué está sucediendo con nuestros niños y niñas cuando juegan a este juego.

## 4 Estudio exploratorio sobre el videojuego *Fortnite*

En este estudio exploratorio se busca la formulación del problema para posibilitar una investigación más precisa o el desarrollo de una hipótesis alrededor del diseño ético de videojuegos. A continuación detallamos cómo se llevó a cabo.

### 4.1 Método

La muestra ha estado formada por 561 niños y niñas de 4 colegios de primaria de Canarias y Cataluña en edades comprendidas entre 8 y 11 años. Para realizar este estudio se ha diseñado un breve cuestionario, en donde se les preguntaba sobre su edad, sexo, conductas y hábitos, transacciones comerciales en el videojuego y gustos y preferencias (enganches). Se realizó un documento escrito a los padres donde se especificaba qué se iba a hacer y las características del estudio, de forma que se entendía el

consentimiento si no se objetaba nada al estudio, se hizo de esta manera porque era la manera más eficiente de proceder. Los cuestionarios fueron pasados por las profesoras-as/tutores-as de cada clase telemáticamente en un Google Forms. Se pusieron mecanismos para que no se contestase a las preguntas sobre *Fortnite* específicas si no se había contestado antes que se había jugado alguna vez. Se realizaron en catalán y en castellano. Las preguntas fueron las siguientes:

1. ¿Cuántos años tienes?
2. Dinos si eres jugadora o jugador
3. ¿Te gustan los videojuegos de lucha?
4. ¿Juegas o has jugado en *Fortnite* alguna vez?
5. ¿Juegas con otros niños que conoces de la escuela o de tu alrededor?
6. ¿Compras regularmente bailes?
7. ¿Compras regularmente picos<sup>1</sup>?
8. ¿Compras regularmente *skins*?
9. ¿Juegas entre semana?
10. ¿Juegas solamente los fines de semana y festivos?
11. ¿Cuántas horas juegas/has jugado cada día al *Fortnite*?
12. ¿Qué es lo que más te gusta del juego (bailes, *skins*, picos)?  
Escríbelo:
13. Elige las 3 razones por la que juegas a *Fortnite*

Se hicieron grupos de niños elegidos al azar para ver si se entendían las preguntas. A través de las preguntas anteriores, como veremos a continuación, se pretende responder a los siguientes objetivos del estudio:

1. Estudiar y confirmar que los niños y niñas juegan a *Fortnite* por debajo de la edad recomendada, 12 años. (Preguntas 1, 2 y 4)
2. Conocer las conductas y hábitos que desarrollan los niños y niñas hacia el videojuego. (Preguntas 5, 9, 10 y 11)
3. Encontrar qué elementos del videojuego les gusta más a los niños y niñas (Preguntas 3, 12 y 13).
4. Encontrar si se realizan transacciones económicas en el juego examinando qué compran (Preguntas 6, 7 y 8)

A través del análisis del videojuego, identificamos un conjunto de mecánicas de juego, “enganches”, consideradas posibles causas de riesgo para el jugador de *Fortnite*. A modo de resumen, se enumeran a continuación: miedo a decepcionar a los otros, instinto de supervivencia, la emoción de la caza, la personalización, son “como dibujos animados”, juego emergente, espera de la próxima partida, promesa de recompensas y que la vida en el videojuego no tiene botón de pausa.

Estos enganches fueron incluidos en los cuestionarios diseñados para los niños y niñas con el fin de saber cuáles influyen más y se adaptaron a ellos:

<sup>1</sup> Literalmente. O sea, la herramienta usada para excavar recursos en el juego, o como arma cuerpo a cuerpo improvisada.

**Enganche:** Miedo a decepcionar a los otros

**Descripción:** “Al jugar con otros compañeros nos imponemos unas expectativas, reales o ficticias, sobre cuál ha de ser nuestro grado de implicación o eficacia. Queremos ser un miembro bien valorado en el grupo. Por ello, a veces actuamos solo impulsados por el miedo de defraudar dichas expectativas, o de no dar la talla esperada.”

**Pregunta del estudio:** P13. Opción: “Para no decepcionar a mis compañeros y ser parte del grupo”

**Enganche:** Instinto de supervivencia

**Descripción:** “Una de las condiciones básicas de derrota en un videojuego es la muerte del personaje, ya sea en un contexto competitivo o no. Mientras nuestro personaje vive, estamos dentro del juego. Por lo tanto, el jugador va a intentar evitarlo a toda costa. La sensación que se desprende de esa lucha por la supervivencia a toda costa es un poderoso elemento de inmersión.”

**Pregunta del estudio:** P13. Opción: “Porque puedo jugar partidas rápidas diferentes.”

**Enganche:** La emoción de la caza

**Descripción:** “En muchos juegos, el rol del jugador alterna entre el de presa y el de cazador. Cuando somos el cazador, nos invade una sensación de superioridad, de ser quien controla la situación. Cada presa cazada significa una reafirmación de nuestro dominio del juego, un símbolo de status, o una justa venganza cuando hemos sido la presa anteriormente. Y, por lo tanto, un incentivo a continuar jugando.”

**Pregunta del estudio:** P13.Opción: “Me gusta la emoción de que no me atrapen.”

**Enganche:** Personalización

**Descripción:** “Es posible personalizar aspectos de nuestro personaje a nuestro gusto: su apariencia física, su vestimenta, un parte de su equipo como sus armas, etc. Poder elegir exactamente cómo va a ser nuestro avatar en el juego permite expresarnos, y a la vez diferenciarnos de otros jugadores. Como en la vida real, incluso puede servir como símbolo de status, ya que tenemos acceso a elementos restringidos. Somos especiales.”

**Pregunta del estudio:** P13.Opción: “Me gusta poder crear un personaje tal y como quiero.”

**Enganche:** Como dibujos animados

**Descripción:** “Los personajes del juego no son realistas, sino que siguen un estilo similar a los dibujos animados. Se intenta potenciar y evidenciar la percepción de que solo se trata de un juego, de algo irreal. Esto permite crear situaciones exageradas, ya sean en vena puramente cómica o explícitamente violenta, pero sin que resulten chocantes para el jugador. Alguien ha sido aplastado o ha explotado, pero no pasa nada, es como en los dibujos animados”.



**Pregunta del estudio:** P13. Opción “Porque los gráficos son divertidos, parecen dibujos animados.”

**Enganche:** Juego emergente

**Descripción:** “Un videojuego no es como un libro o una película. El jugador juega un papel clave y cada partida es distinta. Cada situación puede ser resuelta de manera diferente, a veces con resultados inesperados. Hay un factor sorpresa. Es posible experimentar, usar nuevas estrategias y revivir el juego desde otra perspectiva. Y, por lo tanto, podemos jugar al mismo juego una y otra vez, encontrando siempre nuevos retos.”

Solo una partida más...

“Algunos videojuegos se estructuran en partidas independientes y autocontenidas, de modo similar a un juego de mesa. A menudo, su duración es relativamente corta. Como quien consume una bolsa de patatas, es fácil acabar encadenando partida tras partida. A fin de cuentas, ¿vas a permitir que tus adversarios te derroten sin tu justa revancha? O ahora que por fin estás en racha, ¿no lo irás a dejar?”

**Pregunta del estudio:** P13. Opción “Porque cada partida es diferente y el juego no se repite.”

**Enganche:** Esperando hasta la próxima partida

**Descripción:** “Una vez la partida ha terminado, y hasta poder iniciar la siguiente partida, hay que mantener al jugador entretenido, inmerso. Evitar que desconecte y deje de pensar en el juego. Por lo tanto, la experiencia va más allá de la propia partida en sí. Quizá hay estrategias que analizar, elementos vinculados al juego que requieren un mantenimiento, o simplemente la posibilidad socializar con otros jugadores o ser espectador.”

**Pregunta del estudio:** Se analiza a través de los micropagos.

**Enganche:** La promesa de recompensas

**Descripción:** “Se supone que jugamos de manera intrínseca, simplemente porque es divertido. Ver que uno es capaz de superar retos, o demostrar su maestría. Pero si, además, se consigue alguna recompensa dentro del juego, tampoco está mal. Quizá incluso esta recompensa nos permite ser más competitivos, o mejorar la propia experiencia de juego. Entonces, hay que seguir jugando una y otra vez para conseguirlas todas.”

**Pregunta del estudio:** P13. Opción “Porque obtengo recompensas después de las partidas” y P12. ¿Qué es lo que más te gusta del juego (bailes, skins, picos)?

**Enganche:** La vida no tiene botón de pausa

**Descripción:** “Mientras tu descansas, tu enemigo entrena. No siempre es posible pausar un juego, o tomarte un respiro. Una vez te has comprometido, hay que seguir hasta el final, o abandonar, asumiendo las consecuencias. Cada partida que dejas de jugar significa ser menos competitivo en tu próximo enfrentamiento. Las interrupciones en la vida real deben esperar.”

**Pregunta del estudio:** P13. Opción “Una vez comienzas una partida, el ritmo es trepidante y no se puede pausar.”

A continuación, se presentan los resultados del estudio realizado.

## 4.2 Resultados

La muestra se compone de 561 menores y es una muestra muy equilibrada, de los encuestados, un 51% son niños y un 49% son niñas de diferentes edades comprendidas entre 8 y 11 años, de los cuales un 42%, tiene 10 años, un 35% 11 años, un 22% 9 años y 1% 8 años (ver Figura 1). Un 60% de los encuestados/as han jugado o juegan al *Fortnite* (ver la Tabla 1) y en la misma proporción, a un 60% de los menores les gustan los videojuegos de lucha. También se ha observado que un 83% de los encuestados/as juegan con amigos/as o compañeros/as de colegio y que el 74.6% dicen que juegan solamente los fines de semana y festivos, el otro 25,5% juega tanto los fines de semana como durante la semana.



Figura 1: Porcentajes de la edad de niños y niñas (de 8 a 11 años)

Tabla 1. Resultados de algunas cuestiones del cuestionario realizado.

Cuestiones	Si	No
¿Te gustan los videojuegos de lucha?	60%	40%
¿Juegas o has jugado al <i>Fortnite</i> ?	60%	40%
¿Juegas con otros niños que conoces de la escuela o de tu alrededor?	83%	17%
¿Juegas solamente los fines de semana y festivos?	74.6%	25.4%

También se les preguntó cuántas horas juegan al día, un 42,2% de los encuestados juegan dos horas o más y un 57.8% juegan solo una hora. De los elementos del juego que les gustan destacan, en este orden, los *skins*, los bailes y los picos. Sobre la pregunta de si compran regularmente *skins*, bailes o picos, podemos observar que, lo que más compran son *skins* y después bailes.

Para finalizar el estudio, hicimos una pregunta donde podían elegir entre una lista de razones por las que al jugador le gustaba el *Fortnite* (ver Figura 2). De ellas, ‘Me gusta la emoción de que no me atrapen’ es la que tiene mayor aceptación (20.3%) seguida de ‘Porque cada partida es diferente y el juego no se repite’ (16.4%). La que menos se ha elegido es “Para no decepcionar a los compañeros y ser parte del grupo” con un 5.9%.

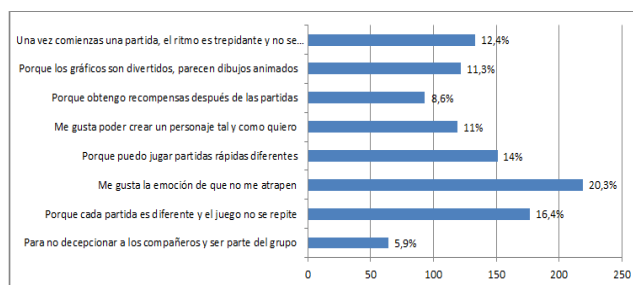


Figura 2: Razones más importantes por las que los niños y niñas juegan al videojuego *Fortnite*

## 5 Conclusiones y trabajo futuro

En este trabajo se ha presentado un estudio realizado con niños y niñas en edad escolar sobre el juego *Fortnite*. Si bien los videojuegos en línea tales como *Fortnite* son un fenómeno cultural de entretenimiento del siglo XXI, y su importancia como una industria emergente es innegable, existe poca investigación sobre los efectos en los niños y niñas de los videojuegos cuando compiten en videojuegos “no serios” o “no educativos”.

De los resultados presentados en la sección anterior, podemos responder a los objetivos del estudio. Sobre el objetivo 1. *Estudiar y confirmar que los niños y niñas juegan a Fornite por debajo de la edad recomendada (12 años)*, podemos observar que, de forma global, un 60% de los encuestados han jugado o juegan al *Fortnite*, por tanto, podemos concluir que, en un porcentaje elevado, existen jugadores que juegan a este videojuego por debajo de la edad recomendada.

Sobre el objetivo 2. *Conocer las conductas y hábitos que desarrollan los niños y niñas hacia el videojuego*, encontramos que un 83% de los que juegan lo hace con amigos o compañeros de la escuela. Esto puede deberse a que este juego tiene un gran condicionante social que hace que les atraiga y que puede ser un elemento importante para explicar el éxito que tiene. También es interesante conocer el tiempo que le dedican al juego, el 57,8% juega solo una hora y el 42,2% juega dos horas o más. Y el momento en el que juegan, el 25,4% de los encuestados juegan durante la semana y este porcentaje aumenta considerablemente los fines de semana y festivos (74.6%). Esta dedicación puede deberse a la labor de los padres y madres que controlan las horas de juego durante la semana para evitar que abandonen los estudios y su vida cotidiana.

Sobre el objetivo 3. *Encontrar qué elementos del videojuego les gusta más a los niños y niñas*, vemos que un 60% responde que

les gustan los videojuegos de lucha, por tanto, la temática del juego es atractiva y les motiva a jugar. De los elementos del juego que les gustan destacan, por orden, los *skins*, los bailes y los picos. Estos elementos pueden estar relacionados con su prestigio y protagonismo ante sus amigos y rivales.

Sobre el objetivo 4. *Encontrar si se realizan transacciones económicas en el videojuego examinando qué compran*, vemos que compran regularmente los elementos que más les gustan del juego: *skins* y bailes. También se observa que les gusta jugar con sus amigos o con otras personas, destacando el carácter social del videojuego. Asimismo, en los cuatro colegios que se ha realizado el cuestionario se ha llegado a la misma conclusión: los niños y niñas se ‘enganchan’ al juego porque extrapolan el juego de *Fortnite* a un juego al que habitualmente juegan en el patio del colegio: el pillarse, obviando la violencia y la temática del videojuego. Sin embargo, algunos se ven atrapados en opciones del juego como los micropagos y pueden dedicarle más tiempo del indicado, jugando además entre semana, lo que puede ocasionarles efectos negativos, como por ejemplo la pérdida de atención por culpa del sueño acumulado.

Por todo lo anterior, creemos que se debe realizar una labor de divulgación destinada a las familias y al profesorado de las escuelas sobre las implicaciones de no respetar las edades recomendadas para los videojuegos, así como de los riesgos que conlleva un uso indebido.

Como líneas actuales de trabajo, hemos iniciado un estudio con los padres y madres y el profesorado de los colegios para triangular y contrastar las respuestas de los menores. Nuestra hipótesis de partida es que las familias y profesorado parten de premisas erróneas, que obvian el contenido y el objetivo de los videojuegos, pues, asumen que si juegan con sus amigos de la escuela no están expuestos a nada negativo. Además, hemos comenzado una campaña de divulgación sobre hábitos saludables en relación al uso de los videojuegos. Para ello, hemos creado material divulgativo sobre este tema para el profesorado de las escuelas.

Por último, destacar que a pesar de los potenciales efectos positivos de los videojuegos y de *Fortnite* tales como sus aspectos sociales y creativos ya demostrados, destacar que se necesita continuar investigando sobre sus efectos y sobre el diseño ético en videojuegos.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. A., Kurt, E., Dogan, Y. K., Erdogmus, & B. G. Emiroglu, 2018. Examining Computer Gaming Addiction in Terms of Different Variables. *World Journal on Educational Technology: Current Issues*, 10(1), 29-40
- [2] B. Friedman. 2010. Value sensitive design.
- [3] H. Lehalle. 1986. Psicología del adolescente. Grijalbo.
- [4] L. Cerniglia et al. 2016, Internet Addiction in adolescence: Neurobiological, psychosocial and clinical issues. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. Volume 76, Part A, Pages 174-184.
- [5] M. Martín-Fernández et al. Adolescentes con Trastorno por juego en Internet (IGD): perfiles y respuesta al tratamiento. *Adicciones*, [S.l.], v. 29, n. 2, p. 125-133, oct. 2016. ISSN 0214-4840. Disponible en: <<http://adicciones.es/index.php/adicciones/article/view/890>>. Fecha de acceso: 28 ene. 2019 doi:<http://dx.doi.org/10.20882/adicciones.890>
- [6] J. Huizinga ,1938/ 1984. *Homo ludens*. Madrid: Alianza.
- [7] V.Navarro-Adelantado, 2002. *El afán de jugar*. Barcelona: INDE.

- [8] Ecoaula. <https://www.economista.es/ecoaula/noticias/9257307/07/18/eSports-un-deporte-del-siglo-XXI-para-la-educacion-del-futuro.html>. 2018
- [9] PEGI <https://pegi.info/>, 2019
- [10] PASEA. Plataforma PASEA (2018). Carta abierta a centros educativos. Canarias. URL: <http://www.colefcanarias.com/index.php/noticias-relevantes/item/1824-nota-de-prensa-plataforma-pasea-6-sept-2018>
- [11] T. Kōshun. Battle Royale. San Francisco, CA: VIZ, LLC, 1999. Pages 666 , ISBN 4-87233-452-3
- [12] P.Pérez. 2019. <https://www.levelup.com/noticias/510471/Netflix-crea-que-Fortnite-es-su-verdadera-competencia-no-HBO>
- [13] F. Funk, et al.. (2017). eSport management: Embracing eSport education and research opportunities. *Sport Management Review*.
- [14] J. Parry. (2018). E-sports are Not Sports. *Sport, Ethics and Philosophy*, 1-16. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17511321.2018.1489419>
- [15] Hallmann, Kirstin, and Thomas Giel. "eSports-Competitive sports or recreational activity?." *Sport management review*(2017).
- [16] X. Xiao, et al.J. (2017). Sports Digitalization: An Overview and A Research Agenda. In *Thirty Eighth International Conference on Information Systems, Seoul 2017* (pp. 1-21).
- [17] R.,Caillois., (1967/1986). *Los juegos y los hombres*. México: FCE.
- [18] I. Zapater Trallero, (2019). *La influencia de los e-sports en el rendimiento académico en ciertas materias* (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- [19] M. Antón. (2018). *Los Eventos De Deportes Electrónicos (Esports) Como Herramienta De Promoción Turística*. XII Congreso Virtual Internacional Turismo y Desarrollo – Julio 2018. Pp.77-89-
- [20] D. Greydanus et al. (2012). Internet use, misuse, and addiction in adolescents: current issues and challenges. , *International Journal of Adolescent Medicine and Health*, 24(4), pp. 283-289.
- [21] id Software. (1994) *Doom*. Game [MS DOS] (10 December 1993).
- [22] S. Deterding, et al.. (2011). From Game Design Elements to Gamefulness: Defining "Gamification". In *Proceedings of the 15th International Academic Mind Trek Conference: Envisioning Future Media Environments (MindTrek '11)*. ACM, New York, NY, USA, 9–15.
- [23] A. Mora et al.. (2017). Gamification: a systematic review of design frameworks. *Journal of Computing in Higher Education* 29(3) pp.. 1–33
- [24] R. Muñoz-Miralles, et al.. (2016). The problematic use of Information and Communication Technologies (ICT) in adolescents by the cross sectional JOITIC study. *BMC pediatrics*, 16(1), 140. doi:10.1186/s12887-016-0674-y
- [25] M.D Griffiths., (1997). *Technological addictions: Looking to the future*. Artículo presentado en la 105th Annual Convention of the American Psychological Association, Chicago, Illinois.
- [26] Organización Mundial de la Salud (2018). CIE-11 Trastornos mentales y del comportamiento. <https://icd.who.int/browse11/l-m/en#/http%3a%2f%2fid.who.int%2fid%2fentify%2f1448597234>

**Session 7B: Human-Robot Interaction (English)**



Interacción 2019

2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain



**Interacción basada en robots sociales para la evaluación de expresiones faciales**

Silvia Ramis, Francisco José Perales, José María Buades Rubio and Alejandro Guerrero.

**Abstract:** El artículo presenta un sistema de interacción multimodal avanzado basado en un robot social que permite a los usuarios replicar y aprender de forma lúdica las expresiones faciales básicas. Este paradigma de interacción pretende fomentar la atención y la interacción de los usuarios, especialmente de las personas con necesidades especiales. El sistema está capacitado para evaluar la expresión realizada por el usuario delante del robot. Se ha desarrollado una red neuronal que esta entrenada para el reconocimiento de emociones faciales. En base a esta red CNN el sistema hace de entrenador personal de emociones a los usuarios. El artículo presenta un sistema de interacción multimodal avanzado basado en un robot social que permite a los usuarios replicar y aprender de forma lúdica las expresiones faciales básicas. Este paradigma de interacción pretende fomentar la atención y la motivación de los usuarios, especialmente de las personas con necesidades especiales. El sistema está capacitado para evaluar la expresión realizada por el usuario delante del robot. Se ha desarrollado una red neuronal que esta entrenada para el reconocimiento de emociones faciales. En base a esta red CNN el sistema hace de entrenador personal de emociones a los usuarios. Finalmente, se puede usar como un sistema de adquisición de expresiones faciales para generar una nueva base de datos de acuerdo a las características de los usuarios. Se ha aportado una evaluación inicial de la eficacia del sistema mediante una validación de encuestas sobre los usuarios y las clasificaciones realizadas por la red neuronal.

Notes/Notas:



# Interacción basada en robots sociales para la evaluación de expresiones faciales

Silvia Ramis  
UGIVIA. Universitat de les  
Illes Balears. Palma  
silvia.ramis@uib.es

Francisco J. Perales  
UGIVIA. Universitat de les  
Illes Balears. Palma  
paco.perales@uib.es

Jose M. Buades  
UGIVIA. Universitat de les  
Illes Balears. Palma  
josemaria.buades@uib.es

Alejandro Guerrero  
UGIVIA. Universitat de  
les Illes Balears. Palma  
alexjorguer27@gmail.com

## ABSTRACT

El artículo presenta un sistema de interacción multimodal avanzado basado en un robot social que permite a los usuarios replicar y aprender de forma lúdica las expresiones faciales básicas. Este paradigma de interacción pretende fomentar la atención y la motivación de los usuarios, especialmente de las personas con necesidades especiales. El sistema está capacitado para evaluar la expresión realizada por el usuario delante del robot. Se ha utilizado una implementación de red neuronal propia que está entrenada para el reconocimiento de emociones faciales. En base a esta red CNN (Convolutional Neural Network) el sistema hace de entrenador personal de emociones a los usuarios. Finalmente, se puede usar como un sistema de adquisición de expresiones faciales para generar una nueva base de datos de acuerdo a las características de los usuarios. Se ha aportado una evaluación inicial de la eficacia del sistema mediante una validación de encuestas sobre los usuarios y las clasificaciones realizadas por la red neuronal.

## Palabras Clave:

Expresiones Faciales, Robots Sociales, Interacción multimodal avanzada, HCI, Redes Neuronales Convolucionales.

## 1 INTRODUCCIÓN

En este trabajo se pretende diseñar un conjunto de videojuegos serios orientados especialmente para el fomento de la atención en usuarios con necesidades especiales (parálisis cerebral y déficit de atención). En uno de los entornos de trabajo se considera la utilización de robots sociales como herramientas motivadoras de los procesos de rehabilitación. Estos procesos son repetitivos y pueden producir un alto grado de abandono o desmotivación. Al margen de promover mediante el robot social una atención natural al usuario (generalmente niños de corta edad), se puede evaluar la forma de interactuar del usuario con el nuevo agente robótico. Es por tanto un sistema que permite la valoración de la atención y de la interacción de forma simultánea. En el caso especial de usuarios como los mencionados anteriormente se plantea el estudio de clasificar las emociones de los usuarios cuando realizan actividades delante del robot social. Estas emociones son evaluadas a través de la captura de las expresiones faciales durante el transcurso del videojuego serio. Por ello, con este estudio preliminar queremos cuantificar la atención, la interacción y la dificultad de transmitir una expresión. Sobre los aspectos de

reconocimiento de expresiones faciales pueden consultarse los trabajos previos [1]. En este artículo nos centraremos en los aspectos de la interacción y especialmente en la clasificación de las expresiones del usuario delante del robot social. El robot interactúa con la persona según la expresión facial reconocida. A cada expresión que reconoce responde con una frase con refuerzo positivo (motivación) en relación a la expresión hecha, y por tanto, a los usuarios les fomenta continuar con el conjunto de ejercicios planteados. En el diseño del sistema propuesto tenemos dos aproximaciones: una primera basada en una red neuronal convolucional (CNN) previamente entrenada para clasificar expresiones faciales, y una segunda donde esa valoración es realizada por los usuarios.

En base a lo anterior se plantean los siguientes objetivos:

- Evaluación de la CNN en entornos reales con usuarios no expertos (idea principal de este experimento).
- Herramienta de valoración de la experiencia de usuario (UX) y que el robot pueda adaptarse según las emociones del usuario (retroalimentación positiva).
- Herramienta como entrenador de emociones, siendo el robot social un supervisor del nivel de aciertos del usuario respecto a la emoción realizada.
- Nuevo método de captura para conseguir una nueva base de datos en expresiones faciales “on flight” mediante la interacción natural con el juego.

El resto del trabajo se subdivide en varias secciones. La sección dos incluye una breve descripción de trabajos similares que utilizan robots sociales para una interacción multimodal. La sección 3 introduce la metodología aplicada en el estudio propuesto. Se indica una descripción concisa de la implementación, el desarrollo y aspectos más relevantes del experimento. El artículo finaliza con la sección de resultados, conclusiones y trabajo futuro.

## 2 TRABAJO RELACIONADO

El estudio de emociones faciales es un campo muy activo en el área de la visión por ordenador [2]. Por otra parte, en el ámbito de los HCI avanzado las interacciones multimodales son propias de los robots sociales [3]. Existen diferentes tipos de robots sociales y una taxonomía de ellos puede analizarse en [4]. Por su características antropométricas el robot seleccionado ha sido el NAO Aldebarán [5]. Es un robot social de aspecto humanoide y con unas funcionalidades adecuadas al experimento considerado. Existen bastantes trabajos previos que lo usan en aplicaciones

similares [6], [7], [8] y [9] donde la componente social de interacción natural y herramienta motivadora y de rehabilitación es común a todos ellos.

Cabe destacar los siguientes trabajos [6] y [9] por tener una relación muy directa con nuestro desarrollo. En el trabajo [6] se incluye un método de detección de la cara de niños que padecen Trastorno del Espectro Autista. Precisamente la utilización del robot NAO se orienta a la valoración de la atención de los niños y cómo varía sus habilidades de comunicación con el robot social. En todo momento están supervisados por terapeutas y las sesiones son de 30 minutos. El sistema potencia el interés de los usuarios para producir movimientos simples y por ello fomentar la interacción social. En el caso del trabajo [9], se centra en otro aspecto muy importante que es la capacidad de imitación de una habilidad. Con el fin de realizar este sistema, un robot tiene que proporcionar dos funciones: imitar y evaluar el movimiento del niño en tiempo real. El sistema está capacitado para evaluar los movimientos del usuario y su réplica en el robot social. A pesar de que la muestra de usuarios es muy limitada (4 niños), los autores afirman que el robot social puede ser una buena herramienta de imitación e interacción para niños con TAD.

### 3 METODOLOGÍA

En esta sección del artículo se explicará detalladamente la metodología aplicada en el experimento y finalmente el desarrollo e implementación del sistema que permite la interacción entre el Robot NAO y el usuario.

#### 3.1 Experimento

El experimento realizado en este trabajo consistió en medir tanto la interacción como la atención de los usuarios en un Robot Social. Además de analizar si el orden de la interpretación de las distintas expresiones faciales afecta a los resultados.

En primer lugar, cada participante fue evaluado individualmente. Se le indicó que se sentara en frente del Robot y siguiera sus instrucciones, sin ayuda del interlocutor. Una vez delante del robot, éste empezó con una presentación explicativa del juego e involucrando al usuario diciendo su nombre para dar una sensación de aplicación personalizada. En esta presentación el Robot NAO actúa como si fuese un evaluador de actores (tanto masculinos como femeninos), retando al participante a que realice cada una de las 6 expresiones básicas (alegría, tristeza, disgusto, enfado, sorpresa y miedo) [10] para que el robot pueda evaluarlas. Al evaluarlas con la CNN, en función de la expresión reconocida, mantiene un diálogo u otro con el usuario. Estos diálogos suelen ser frases graciosas en relación a la expresión hecha, y por lo general a los usuarios les hacía sonreír y tener una mejor experiencia de usuario. Finalmente los participantes realizaron una encuesta al terminar el experimento, donde se les pedía que evaluaran esta nueva experiencia en cuanto a la interacción con el robot, atención en el juego y dificultad de expresión entre otras (ver sección 4).

##### 3.1.1 Participantes

El experimento se ha llevado a cabo con 29 participantes entre 18 y 38 años, con una media de edad de 23.34 años, de los cuales el 41% eran mujeres y el 59% eran hombres. El 97% de los participantes no tenían ninguna experiencia anterior con el Robot NAO Aldebarán ni con ningún otro robot social y la mayoría se

consideraba un mal actor, más concretamente el 79% de los participantes frente al 21% que sí se consideraban buenos actores para este experimento.

##### 3.1.2 Sesiones

Este experimento consistió en dos sesiones. Cada sesión fue iniciada de manera personalizada con el nombre del participante. En la primera sesión el robot NAO se presentó y dio las instrucciones a seguir al usuario. Se le indicó al usuario una serie de emociones a expresar. El orden de éstas emociones van de más fácil a más difícil, siendo la alegría, la sorpresa y el enfado las expresiones más fáciles y la tristeza, el miedo y el asco las más complicadas de representar. En la segunda sesión se hace el mismo ejercicio, pero cambiando el orden de las emociones a realizar. En este caso se intercala una emoción fácil con una emoción difícil, para poder analizar si el orden de la interpretación de las distintas expresiones faciales afecta a los resultados.

### 3.2 Desarrollo e Implementación

El principal objetivo de la interacción Persona-Ordenador es crear un software usable y accesible que siga los principios del diseño centrado en el usuario y universal [12]. Al margen de estos principios fundamentales, la comunicación entre el robot social y el usuario debe garantizar una buena experiencia de usuario, y para ello, primero debemos asegurarnos de que los dispositivos utilizados tengan un buen rendimiento para realizar una interacción eficiente, sin retrasos en la respuesta y garantizando una comunicación natural fluida. Dado que la CPU del propio Robot NAO es poco potente, parte del procesamiento se realiza en un ordenador mediante conexión WiFi. Para ello se ha utilizado el SDK NAOqi, con el que además se administra y controla tanto la comunicación verbal como los motores de movimiento de NAO. El API ALBehaviorManager permite controlar y administrar adecuadamente los motores y movimientos del robot. Esta API se ha utilizado para crear un movimiento fluido con los brazos del robot para simular una interacción gestual y cautivar la atención del usuario. Estos movimientos se realizan de forma síncrona cuando el robot está hablando para simular un diálogo real. El API ALTextToSpeech realiza el control de la sonoridad y le permite hablar. Finalmente, el API ALVideoDevice posibilita la captura de imágenes del usuario a la resolución requerida. Las imágenes son analizadas, primero por el método propuesto en [11] para detectar si existe una cara o no, y una vez detectada, la imagen es pre-procesada para que sirva de entrada a la CNN. Finalmente, es clasificada por la CNN propuesta en [1], para obtener la expresión reconocida. En [1] se propone una solución para el reconocimiento de expresiones faciales usando varias bases de datos, utilizando una nueva red neuronal convolucional con un pre-procesamiento de imagen específico.

##### 3.2.1 Lógica de Juego

En esta subsección se explica la estructura de los agentes utilizados. En primer lugar, El cliente Python establece una conexión entre el ordenador y el servidor NAO. A continuación, el cliente habilita las APIs ALTextToSpeech y ALBehaviorManager para iniciar la interacción con el usuario. El robot varía su presentación oral según la sesión, mientras realiza movimientos suaves para crear una simulación de la realidad.



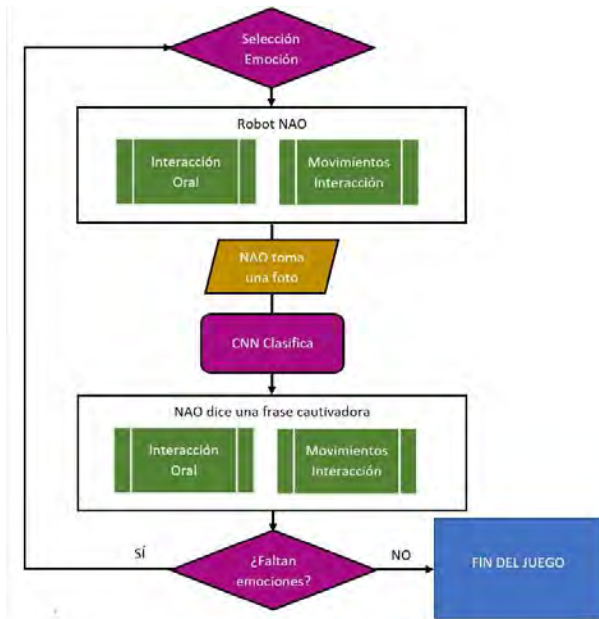


Figura 1. Lógica del Juego para cada una de las sesiones.

En esta presentación, el robot explica cómo se realizará el experimento qué debe hacer el usuario. Una vez seleccionada la sesión correspondiente, comienza la lógica del juego (ver figura 1). Esta lógica consiste en seleccionar una emoción de las 6 expresiones faciales básicas [10] según la sesión iniciada. A partir de ahí, NAO empieza a interactuar con el usuario, retando al participante a que realice la expresión propuesta. Entonces NAO toma una foto del usuario, si la detección de la cara es favorable pasa a preprocesar la imagen (ver sección 3.2) y a clasificarla con el entrenamiento conseguido en [1]. Con ello, el robot es capaz de reconocer la expresión realizada por el usuario. Por cada expresión reconocida, el robot interactúa con el usuario, intentando motivar e involucrarlo en el juego mediante frases graciosas y divertidas. En caso de no reconocer una cara, el robot se disculpa con el usuario y vuelve a repetir la emoción. Finalmente, el cliente verifica si se han realizado las 6 emociones para terminar correctamente el juego. Si no es así, la lógica del juego continua en bucle hasta llegar a las 6 emociones.

## 4 RESULTADOS

En esta sección se muestran los resultados obtenidos tanto con la CNN como en la encuesta realizada al final de las sesiones. Por tanto podemos dividir esta sección en dos partes. Una donde se analizan las distintas sesiones mediante una CNN y otra donde se analizan los resultados de las encuestas.

### 4.1 Análisis entre sesiones

En esta subsección se analizan los resultados obtenidos con la CNN para cada sesión realizada por cada participante. Además de la dificultad generada para cada uno de ellos al representar las distintas emociones. Esta dificultad fue medida a través de una encuesta donde se les pedía que evaluaran entre 1 y 4 la dificultad

que les había representado en generar cada una de las emociones (siendo 1 la de menor y 4 la de mayor dificultad).

En la tabla 1 se observa que todos los usuarios que obtienen una media menor o igual a 2 en el parte de calificar la *dificultad para representar emociones*, la CNN reconoce más del 60% de sus emociones, ya que éstos han representado bien más del 50% de las emociones solicitadas. Por lo contrario si obtienen una media mayor de 2 el robot puede llegar a solo reconocer el 33% de las emociones. En las figuras 2 y 3 podemos ver dos casos extremos de la representación de las expresiones faciales por parte de los participantes. En la figura 3 la CNN reconoció el 100% de sus expresiones y en la figura 2 sólo reconoció el 33%. En ambas figuras el orden de las expresiones realizadas es el mismo. Como vemos, testear este tipo de experimentos con usuarios no actores, no es fácil de calificar tanto para una red neuronal como para un ser humano.



Figura 2. Interpretación de las 6 expresiones básicas, reconocidas solo en un 33% por la CNN.

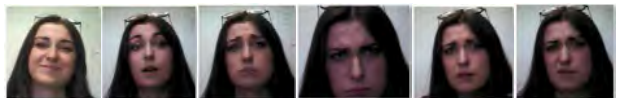


Figura 3. Interpretación de las 6 expresiones básicas, reconocidas en el 100% por la CNN.

Finalmente, los resultados obtenidos con la CNN muestran una media de reconocimiento en las 6 expresiones básicas de un 64.6% y 63.8% en respectivas sesiones, donde 8 participantes empeoraron sus resultados en la segunda sesión, otros 8 mejoraron sus resultados debido a que se concentraron más en hacerlo bien, y otros 4 se mantuvieron. Por tanto, en términos generales podríamos decir que no afecta mucho el orden en que se realizaron las distintas expresiones faciales. Sino que afecta más el número de sesiones hechas, ya que 12 de los participantes mejoran o al menos no empeoran sus resultados.

### 4.2 Resultados de las encuestas

Finalmente, se realizó una encuesta a los participantes al terminar el experimento. El 93% de los usuarios no necesitaron ningún tipo de ayuda y se guiaron solo por las instrucciones del robot, solo un 7% hicieron alguna pregunta al interlocutor. En la tabla 2 se muestran las medias obtenidas tanto en el nivel de diversión e interacción que experimentaron los participantes como su nivel de atención en el juego. Esta medida fue evaluada entre 1 y 4 (siendo 1 la de menor y 4 la de mayor diversión o nivel de atención). Estos resultados muestran que los participantes de este experimento obtuvieron una experiencia bastante satisfactoria (ver tabla 2).

Participantes	Sesión 1	Sesión 2	Dificultad de para representar emociones
Usuario1	83%	83%	2.00
Usuario2	83%	67%	1.33
Usuario3	67%	100%	2.00
Usuario4	40%	50%	2.00
Usuario5	67%	67%	1.83
Usuario6	75%	67%	1.67
Usuario7	83%	67%	1.67
Usuario8	50%	67%	2.00
Usuario9	83%	67%	1.67
Usuario10	--	50%	2.17
Usuario11	75%	--	1.00
Usuario12	33%	67%	2.33
Usuario13	60%	50%	2.17
Usuario14	60%	--	2.00
Usuario15	83%	67%	2.00
Usuario16	50%	33%	2.50
Usuario17	75%	--	1.83
Usuario18	60%	--	2.50
Usuario19	33%	75%	2.17
Usuario20	--	60%	1.33
Usuario21	50%	67%	2.17
Usuario22	80%	50%	2.17
Usuario23	67%	67%	2.17
Usuario24	67%	--	1.50
Usuario25	67%	83%	1.50
Usuario26	60%	83%	1.00
Usuario27	60%	--	2.00
Usuario28	67%	67%	2.33
Usuario29	--	80%	1.50
<b>MEDIA</b>	<b>64.6%</b>	<b>63.8%</b>	<b>1.88</b>

**Tabla 1.** Tasas de acierto obtenidos por la CNN en ambas sesiones. Además de evaluar la dificultad (1- mínima, 4 máxima) que supone a participantes no actores realizar este tipo de experimentos.

Participantes	Diversión	Atención	Interacción
<b>MEDIA</b>	3.38	3.52	3.6

**Tabla 2.** Resultados obtenidos en las encuestas realizadas por los participantes.

Entre los comentarios que dejaron los participantes, destacamos que les agradó la experiencia de poder interactuar con un robot social, que el robot fuera capaz de reconocer sus expresiones faciales y poder evaluar su capacidad de actuar. Los diálogos graciosos que tenía el robot según la expresión reconocida y los movimientos armoniosos que realizaba al interactuar con el usuario, hicieron que su experiencia fuera satisfactoria.

## 6 CONCLUSIONES

Se ha presentado un sistema de captura y clasificación de expresiones basadas en un robot social y una interacción multimodal. Este sistema ha sido validado en 29 usuarios no expertos. El sistema utiliza una red CNN para el reconocimiento de expresión facial en el juego. Se ha demostrado que el sistema es capaz de reconocer el 64% de las expresiones, teniendo en cuenta que un tercio de los participantes se consideraban muy malos actores. Finalmente se ha demostrado que el uso de robots sociales en juegos serios mantienen unos niveles de diversión,

atención e interacción cerca del 90% en todos ellos. Como trabajo futuro se prevé realizar este mismo experimento con varias sesiones para llegar a entrenar una emoción específica, sobre todo para niños con déficit de atención e hiperactividad (TAD).

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos al Ministerio de Economía, Industria y Competitividad (MINECO), Agencia Estatal de Investigación (AEI) y European Regional Development Funds (ERDF) por su apoyo en el proyecto TIN2015-67149-C3-2-R. Además de la CAIB por la beca FPI/1828/2015, de la cual el primer autor es beneficiario.

## REFERENCIAS

- [1] S. Ramis, J. M. Buades, F. J. Perales and G. L. Marcialis, Technical Report "Cross-Datasets Facial Expression Recognition based on a new Convolutional Neural Network and a specific image pre-processing", UIB.
- [2] Ko, Byoung Chul. "A Brief Review of Facial Emotion Recognition Based on Visual Information" Sensors, vol. 18, 2 401. 30 Jan. 2018
- [3] Leite, I., Martinho, C. & Paiva, Social Robots for Long-Term Interaction: A Survey. A. Int J of Soc Robotics (2013) 5: 291.
- [4] Terrence Fonga, Illah Nourbakhsha, Kerstin Dautenhahn. A survey of socially interactive robots. Robotics and Autonomous Systems 42 (2003) 143-166.
- [5] Nao Aldebarán, <http://doc.aldebaran.com/2-1/index.html>, last visit: 21/04/2019.
- [6] L. Ismail, S. Shamsuddin, H. Yusoff et al. Face Detection Technique of Humanoid Robot NAO. 2011 IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering.
- [7] F. Serhan, T. Mericli, C. Mericli et al. Robot Detection with a Cascade of Boosted Classifiers Based on Haar-Like Features. (Eds.): RoboCup 2010, LNAI 6556, pp. 409-417, 2011. Springer-Verlag 2011.
- [8] E. Torta, F. Werner, D. O. Johnson et al. Evaluation of a Small Socially-Assistive Humanoid Robot in Intelligent Homes for the Care of the Elderly. J Intell Robot Syst (2014) 76:57-71.
- [9] I. Fujimoto, T. Matsumoto, P. Ravindra, M. Kobayashi, M. Higashi. Study on an assistive robot for improving imitation skill of children with autism," Social Robotics, pp. 232-242, 2010.
- [10] P. Ekman, "Facial Expression", 1977. In Siegman, A. & Feldstein, S. (Eds.), Nonverbal Communication and Behavior (pp. 97-126). New Jersey: Lawrence Erlbaum Association.
- [11] J-L Lisani, S. Ramis, and F. J. Perales, "A Contrario Detection of Faces: A Case Example", SIAM Journal on Imaging Sciences 2017 10:4, 2091-2118
- [12] The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 2nd. Ed. Interaction Design Foundation.

**Can morality be ascribed to robot?**

Shoji Nagataki, Hideki Ohira, Tatsuya Kashiwabata, Takeshi Konno, Takashi Hashimoto, Toshihiko Miura, Masayoshi Shibata and Shin'Ichi Kubota.

**Abstract:** The purpose of this paper is to clarify part of the ethical basis necessary for a machine like a humanoid robot to be a member of a human society. In order to do so, we formulate three conditions for moral agency on which membership is based: cognitive-behavioral, ontological, and normative. For the purpose of showing the relevance of these conditions, we conducted an experiment which involved human-robot interactions and moral judgement tasks. This conceptual exploration and empirical research suggests that a cooperative situation can generate the demand for a certain moral commitment on the part of artificial beings.

Notes/Notas:

**Session 7C: HCI and Education II (English)**



Interacción 2019

2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain



**Developing handwriting skills in children with dyspraxia: A gestural user interface-based approach**

Ismar Frango Silveira and Leonardo Ramón Marques.

**Abstract:** Gestural interfaces-based computational tools can be more suitable than other kinds of interfaces for the acquisition of handwriting skills by children with Developmental Coordination Disorder (DCD), or simply dyspraxia. Touchless interfaces could be able to reduce the difficulties of these individuals because they do not require physical contact and they dispense efforts of fine motor movements needed to perform calligraphy and also because they serve as motivation and are more intuitive than touchscreen and conventional graphical user interface. This work deals with concepts of Development Coordination Disorder and Human-Computer Interaction Principles, proposing a framework with a set of specific software guidelines for the development of gestural interfaces for handwriting skills acquisition by children with DCD, which were validated through a software tool.

Notes/Notas:



**Learning through video blogs: The case of students with intellectual disabilities**

Inmaculada Fajardo, Ladislao Salmerón, Vicenta Ávila, Pablo Delgado, Nadina Gómez and Marcos Gómez.

**Abstract:** Previous research have found evidences of both, low traditional literacy skills (e.g. reading) and low digital literacy skills (computers and Internet skills) in the population of young students with intellectual disabilities (e.g. Tavares, Fajardo, Ávila, Salmerón & Ferrer, 2015; Delgado, Avila, Fajardo & Salmerón, in press; Salmerón, Gómez, & Fajardo, 2016). The main goal of this study was to test if learning content in the Internet was enhanced or interfered by video blog presentation mode for this population. In particular, we explored the metacognitive deficit hypothesis of Ackerman & Goldsmith (2011) which predicts that a) monitoring accuracy (difference between learners' predicted and actual comprehension) will be lower in videos than in texts, b) restudy decisions will be more efficient in the text medium (i.e. higher restudy of less comprehended texts), and c) both processes will mediate the expected lower comprehension from videos.

Notes/Notas:

**Teaching the sequential programming concept using a robotic arm in an interactive museum**

Federico Botella, Antonio Peñalver Benavent, Manuel Quesada-Martínez, Fulgencio Bermejo and Fernando Borrás.

**Abstract:** Technology and Computer Science are increasingly present in today's education and teaching programming is not only restricted to students interested in Science, Technology, Engineering and Maths (STEM) disciplines, as computational thinking is useful in many day-to-day problems. In this paper we want to study how young students of high schools can put in practice transversal concepts by learning the concept of sequential programming. We analyze the learning process of the students by asking them to code a simple program that solves a concrete problem: perform simple and immersive tasks using a physical robot. The experiment was completed by twenty-six students of several high schools in an interactive museum. This experiment offers us surprising results that should be confirmed with more participants, but it seems that the ages from 13 to 15 years old are crucial to define the attraction to programming and technology by boys more than girls: it seems that boys are more efficient performing programming tasks at these ages.

Notes/Notas:







**Session 7D: Relevant Articles Already Published  
(English)**



Interacción 2019

2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain



**Summary of the paper “Assessing the impact of the awareness level on a co-operative game”**

Miguel Angel Teruel, Nelly Condori-Fernandez, Elena Navarro, Pascual Gonzalez and Patricia Lago.

**Abstract:** This paper presents a summary of the article entitled “Assessing the impact of the awareness level on a co-operative game” previously published on the volume 98 of the journal Information and Software Technology [1]. This work contains an assessment of the impact of Gamespace Awareness (GA) elements on several aspects of the design of a video game considering the experience of the players involved. We analyzed the effect of different levels of awareness on the video game score, the players’ happiness and enjoyment and their perception of the usefulness of such GA elements to achieve the game’s goal. The experiment was performed initially in two locations, Amsterdam and Albacete, with the participation of 14 and 29 Computer Science undergraduates respectively. The analysis of the results shows the correspondence between the high awareness level and the good game score. However, the highest level of player happiness was not achieved with the most awareness-enabled configuration. Moreover, we found that the players’ enjoyment depends not only on their awareness level but also on their expertise level. Finally, the awareness elements related to the present and the future were the most useful, as could be expected in a multiplayer action video game. As a conclusion, the results showed that the medium level awareness obtained the best results. We concluded that a certain level of awareness is necessary, but that excessive awareness could negatively affect the game experience.

Notes/Notas:





## Session 8A: Natural User Interfaces (Spanish)





**Análisis de experiencias con objetos activos en actividades educativas basadas en interacción tangible**

Mainor Cruz, Cecilia Sanz and Sandra Baldassarri.

**Abstract:** This article presents an analysis of experiences in which active objects are used in tangible educational activities. As part of this study, a set of criteria are defined, among which highlight the type of feedback, the educational activity developed according to whether it is expressive or exploratory, the type of link between physical objects and digital information, and the evaluations applied. From the analysis, the first results allow assessing the relevance of feedback oriented to self-regulation when it comes to expressive-type activities, and also, the link between the development of expressive activities and the use of relational and/or constructive systems. Moreover, it is observed that the expressive activities have been motivating for the creation of games and stories in children of primary level. Finally, it was detected that the use of interactive toys allows new learning experiences due to the visual, audio and haptic feedback and encourage students to be active and be involved in the activities.

Notes/Notas:





# Análisis de experiencias con objetos activos en actividades educativas basadas en interacción tangible

Mainor Cruz Alvarado  
Universidad Nacional de La Plata  
La Plata, Argentina  
mainorcruz@gmail.com

Cecilia Sanz  
Universidad Nacional de La Plata  
La Plata, Argentina  
csanz@lidi.info.unlp.edu.ar

Sandra Baldassarri  
Universidad de Zaragoza  
Zaragoza, España  
sandra@unizar.es

## RESUMEN

Este artículo presenta un análisis de casos donde se utilizan objetos activos en actividades educativas. Como parte del análisis se define una serie de criterios, entre los que destacan el tipo de *feedback*, la actividad educativa según sea expresiva o exploratoria, el tipo de enlace entre objetos físicos e información digital y las evaluaciones aplicadas. A partir del análisis se vislumbran resultados que permiten valorar la pertinencia del *feedback* orientado a la autorregulación en actividades del tipo expresivas, además, la vinculación entre el desarrollo de actividades expresivas y el uso de sistemas relacionales y/o constructivos. Finalmente, se observa que el uso de juguetes interactivos posibilita nuevas experiencias de aprendizaje, aprovechando el *feedback* visual, auditivo y háptico y anima a los estudiantes a participar de las actividades.

## CCS CONCEPTS

• Human-centered computing → Human computer interaction (HCI) → Interaction techniques

## PALABRAS CLAVE

Objetos activos, Interacción tangible, Actividades educativas

## 1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha observado un crecimiento en el desarrollo de aplicaciones con Interfaces de Usuario Tangible (TUIs) con la finalidad de generar una interacción más natural con el entorno físico de los usuarios [1]. Las TUIs permiten acoplar información digital a los objetos físicos, cuya manipulación es una de las características en el diseño y desarrollo de TUIs. Ullmer & Ishii [2] identifican a los objetos tangibles como entidades físicas y reales que se pueden tocar y funcionan como puente de interacción con aplicaciones digitales. Los objetos tangibles se pueden clasificar en objetos pasivos y activos. Los objetos pasivos son aquellos que actúan como un dispositivo de entrada y que pueden ser manipulados por el usuario y detectados por un sistema, pero no son capaces de realizar ninguna acción por sí mismos. Por su parte, East *et al.* [3] definen a los objetos activos como dispositivos físicos que proveen *feedback* que se pueden usar de manera independiente o en conjunto con otro hardware o software para aumentar de forma tangible la interacción con pantallas integradas, sensores o capacidades de actuación.

Varios autores han visto en las interfaces tangibles un potencial para procesos educativos, considerándola como una herramienta para la enseñanza de conceptos abstractos [4], [5], estudiando sus posibilidades para el trabajo colaborativo [6], la creatividad [7] y el desarrollo de habilidades sociales [8], [9]. En este trabajo se pone el foco en las potencialidades del uso de objetos físicos activos en el marco de actividades educativas en sistemas con interfaces tangibles. Para ello, se revisan 10 casos en los que se utilizan objetos activos, que no sólo representan el control de las aplicaciones con TUIs, sino que también posibilitan el *feedback* en el marco de estas actividades.

El artículo se organiza de la siguiente manera. La sección 2 presenta los criterios con los que se analizan los casos de actividades educativas basadas en Interacción Tangible (IT) con objetos activos. En la sección 3, se analizan una serie de casos seleccionados a partir de dichos criterios. En las secciones 4 y 5 se presentan los principales resultados alcanzados y finalmente, en la sección 6, se describen las conclusiones del trabajo.

## 2 DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS DE ANÁLISIS

En este trabajo se analizan antecedentes en relación con la utilización de objetos activos en actividades educativas basadas en IT. Con este fin, se establecen criterios de manera tal de enfocar el análisis, de forma homogénea, de un conjunto de casos. La selección de los criterios se basa en [10] y en el objetivo del estudio que busca describir actividades educativas IT con objetos activos y analizar cómo estos influyen en estas, con especial atención en el *feedback*. Para ello, los criterios se agrupan en 4 categorías: A) descripciones generales, B) aspectos relacionados con la IT, C) TUIs y D) aspectos metodológico-educativos de las experiencias.

### A. Descripciones generales.

**País de investigación.** Este criterio refiere al país donde se desarrolla la investigación.

**Nivel educativo.** Este criterio identifica el nivel educativo de las experiencias seleccionadas. Los posibles valores del criterio son: i. educación especial, ii. inicial, iii. primario, iv. secundario y v. superior/universitario (grado y postgrado).

### B. Interacción tangible

**Tipo de actividad.** De acuerdo con [10] se consideran 2 tipos de actividades de IT: i. Actividad exploratoria (identifica las

actividades donde el alumno explora una representación existente), y ii. Actividad expresiva (refiere a actividades donde los alumnos generan representaciones de sus propias ideas).

**Modalidad de interacción.** Este criterio permite identificar el espacio y forma de la interacción. Los valores posibles son: i. superficie interactiva (tipo de superficie utilizada, en caso de haberla, como una *tablet*), ii. *Touch/Multi-Touch* (refiere a si se puede interactuar con los dedos sobre las superficies interactivas), iii. Tangibles (interacciones que se llevan a cabo por medio de la manipulación de un objeto físico), iv. Sin contacto (interacciones que se realizan a través de la detección de movimientos).

**Tipos de *feedback*.** El *feedback* consiste en cualquier tipo de mensaje que se genere en respuesta a una acción brindada. Se propone analizar a través de este criterio los tipos de *feedback* presentes según la clasificación de [11]: i. Sobre la tarea (este *feedback* indica al estudiante si las respuestas que proporcionó son correctas o incorrectas), ii. Procesamiento de la tarea (especifica los pasos que son necesarios para resolver tareas, tanto procedimentales como metodológicos), iii. Autorregulación (es el *feedback* que incita a los estudiantes a buscar información extra, a gestionar su tiempo y a reflexionar sobre la efectividad de sus estrategias), y iv. Afectivo (expresa evaluaciones positivas, por ejemplo: “Bien hecho”, o que motiven a pesar de los errores).

### C. Interfaces de usuarios tangibles

Para analizar el tipo de diseño de la interfaz propuesta en cada experiencia se retoma el marco propuesto por Ullmer e Ishii [12], llamado **Framework MCRpd**. Este marco consiste en el citado *Model-Control-Representation physical and digital*, se enfoca en la representación y se divide en: física y digital. Así clasifica a los sistemas en: i. Sistema espacial (interpretan la posición espacial y la orientación de múltiples artefactos físicos dentro de marcos de referencia comunes), ii. Sistema constructivo (artefactos modulares con instrumentos electrónicos que permiten construir modelos del mundo físico), iii. Sistema relacional (establece relaciones entre objetos para agregar datos representados en un contexto), y iv. Sistema asociativo (asocian datos de los objetos individuales con información digital, incluyendo a las TUIs). También se considera en esta categoría el **marco basado en grados de coherencia de Koleva, Benford y Rodden** [13], para analizar los enlaces entre los objetos físicos y la información digital. Este marco considera las diferentes formas en que los objetos físicos y digitales se pueden acoplar computacionalmente: i. Herramienta de propósito general (objetos que presentan el nivel más bajo de coherencia para seleccionar y manipular objetos digitales a partir de un mismo objeto físico, por ejemplo, el ratón), ii. Herramienta especializada (objetos físicos que forman parte de la interfaz y que tienen una función más especializada que la de propósito general, pero que aún se conectan de forma temporal a objetos digitales, por ejemplo, pinceles), iii. Identificador (representación de objetos físicos que forman parte de la interfaz, tales como marcadores para recuperar información digital), iv.

Proxy (objetos que están asociados de forma más permanente y que permiten una mayor manipulación de los objetos digitales), v. Proyección (refiere a las relaciones en donde un artefacto digital se ve como una representación directa que contiene algunas propiedades del objeto físico), vi. Ilusión de ser el mismo objeto (se crea la ilusión de que 2 objetos acoplados son uno mismo, con transiciones suaves entre espacio físico y digital).

### C. Metodológico - educativo

**Tipos de actividad educativa.** Se analiza el tipo de actividad educativa realizada. Los valores para este criterio son: i. Individual / grupal y ii. Cooperativa / competitiva / colaborativa (aplica si la actividad es grupal).

**Evaluación.** Analiza si en las experiencias seleccionadas se explicita si han sido sometidas a un proceso de evaluación. Los valores para este criterio son: i. Si / no, ii. Técnica de evaluación (identifica las técnicas de evaluación empleadas), iii. Enfoque de la evaluación y principales resultados (descriptivo).

## 3 RECOPIACIÓN DE EXPERIENCIAS DE IT

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

### 3.1 TabletopCars

TabletopCars [14] es un proyecto desarrollado en Alemania cuyo objetivo principal es analizar las posibilidades que tiene el uso de *tabletops* para la creación de juegos, así como la influencia de los diferentes modos de interacción en los usuarios. Tiene 4 juegos: *Car Soccer*, *Car Crashing*, *Fastest Lap*, y *Parcours*. Se basa en el uso de objetos activos con forma de autos y utiliza una *tabletop* donde se aumentan los escenarios y se interacciona de forma *multi-touch*. También permite utilizar un sensor Kinect para interactuar con los gestos de la mano o cuerpo. Además, tiene un control remoto, y son los usuarios los encargados de probar la técnica de interacción que deseen. El juguete por sí mismo no presenta *feedback*, sólo la ejecución de los movimientos, pero se muestra *feedback* en la *tabletop* por medio de luces y sonidos.

La evaluación del juego fue desarrollada en 2 etapas. En la primera se trabajó con 8 estudiantes para analizar el diseño y el concepto del juego. Luego, se realizó una evaluación para explorar la interacción, con 20 voluntarios de entre 22 y 28 años. Debido a los comentarios recibidos en la primera sesión, la segunda evaluación se realizó únicamente con el juego *Car Crashing*, ya que era más fácil y el favorito de los participantes. Se aplicó un cuestionario que solicitaba opinión y preferencia de

los modos de interacción al finalizar cada sesión. Entre los principales comentarios se destaca el disfrute del juego y valoraron el uso de tangibles activos en un entorno digital.

### 3.2 Eugenie

Eugenie [15] fue desarrollado en Estados Unidos y tiene como objetivo brindar apoyo a biólogos por medio de una *tabletop* con objetos activos y pasivos para realizar tareas de biodiseño a través de un proceso colaborativo. Los objetos activos que se utilizan en Eugenie se basan en *Sifteo Cube* [16]. Cada uno se reviste con una cubierta plástica que tiene una forma similar a un rompecabezas, esto permite encajar los objetos y conformar reglas de biodiseño. Los cubos tienen la posibilidad de manipularse por medio de gestos, agitándolos, volteándolos, inclinándolos, pegándolos y tocándolos. Se puede interactuar con ellos deslizando o haciendo clic. Son utilizados en el juego para controlar información digital de entrada y no de salida.

La evaluación de Eugenie fue realizada a través de un estudio cualitativo, aplicado a 18 estudiantes entre 18 y 32 años, y recolectando información a través de la observación y filmación de las sesiones. El objetivo de la evaluación fue examinar la usabilidad del sistema, determinar las fortalezas y las limitaciones de la construcción de reglas y la exploración del espacio de solución haciendo uso de la IT. Entre los principales resultados se evidencia que todos los usuarios pudieron trabajar fácilmente, la mayoría lograron identificar los operadores lógicos. Solo a unos pocos se les dificultó identificar algunos operadores. Todas las parejas colaboraron con los demás participantes, verbal y físicamente, con palabras y gestos.

### 3.3 SynFlo

SynFlo [17] es un sistema que busca explorar el biodiseño a través de una actividad lúdica interactiva bajo una plataforma de colaboración. SynFlo fue diseñado para la audiencia en general, utiliza *Sifteo Cubes* como objetos activos, pero no *tabletop* [16]. El proyecto de SynFlo consta de 2 versiones: la primera reside en la combinación de *tokens* activos (objetos físicos programables con tecnologías integradas de visualización, detección o actuación) con objetos concretos reales, mientras que la segunda está basada en *tokens* activos abstractos, representados en la pantalla del cubo. Las 2 versiones hacen uso de animaciones en los *displays* para ilustrar los comportamientos, y se brinda *feedback* en relación con las acciones físicas realizadas durante cada etapa. Es un sistema estadounidense.

La evaluación de SynFlo incluyó una mesa de trabajo, guías visuales y 2 colaboradores para asistir. El enfoque de evaluación se basó en obtener información relacionada con la participación de los usuarios: el tiempo de interacción, la diversión, la colaboración y el aprendizaje. Se realizaron las pruebas en las 2 versiones. Las sesiones fueron filmadas y se aplicó un cuestionario al finalizar cada una para medir agrado y disfrute. Los autores destacan que el uso de los objetos activos permitió a los usuarios participar de una actividad agradable con distintos

puntos de acceso para la colaboración. La mayoría de los grupos completaron con éxito la creación del biodiseño, se observó una comprensión de la abstracción y modularidad del biodiseño.

### 3.4 Sparse Tangible

Sparse Tangibles se enfoca en una exploración colaborativa de redes genéticas a través de objetos activos, una *tabletop* y sensores inerciales [18]. Como objetos activos, se utilizan relojes inteligentes (*LG G Watches*) para favorecer la realización de consultas. Las interacciones en la *tabletop* utilizan el *multi-touch*, mientras que las acciones de los objetos activos se realizan por medio de los relojes con el reconocimiento de fiduciales [19]. Los relojes fueron utilizados como un medio de control de información digital, dado que tienen sensores inerciales, como el acelerómetro, brújula y giroscopio que permitieron generar acciones aéreas, por ejemplo, agitar. Es un sistema desarrollado en Canadá.

La evaluación del sistema fue de carácter informal, con 3 biólogos expertos en el área, de entre 28 y 30 años, y una sesión de aproximadamente una hora. Los invitados interactuaron con el sistema, y debían comentar cada paso que realizaban. Como resultado destacaron que el sistema es útil, fácil de usar e ideal para la colaboración [18].

### 3.5 Knight`s Castle

Knight`s Castle [20] consiste en un parque con temática de la Edad Media, que contiene tecnologías de computación móvil integradas con juguetes tradicionales. Se pueden enseñar canciones, poemas o brindar información de la Edad Media. Es un sistema desarrollado en Suiza. Los juguetes y los edificios extienden la realidad física y son capaces de brindar una retroalimentación a los niños. Por ello, se integraron módulos de vibración para brindar una respuesta táctil, LEDs que otorgan un *feedback* visual, principalmente para indicar qué objetos se encuentran activos para utilizar, y diferentes tipos de sonidos. Años después, se presentan los principales resultados de evaluación de Knight`s Castle [21], fundamentalmente en referencia a la diversión y narración de cuentos, comparando ésta con una versión del juego idéntica pero no aumentada. El estudio fue realizado con un total de 103 participantes, de una escuela primaria, en 39 grupos. Las sesiones fueron observadas y filmadas. Se aplicaron entrevistas y cuestionarios en grupos pequeños. Solo 37 participantes jugaron ambos juegos. En su mayoría, indicaron su preferencia hacia el juego aumentado. Por otra parte, se les consultó a los que jugaron únicamente la versión aumentada del juego, y 32 de 33 indicaron que les gusta más esta forma de jugar que los tradicionales juegos de video.

### 3.6 Multimodal Mixer

Multimodal Mixer [22] es un juguete interactivo, consiste en un objeto activo que se utiliza en juegos abiertos y con múltiples modalidades de salida. Está diseñado para niños entre 8 y 12 años y su objetivo consiste en permitir una exploración y aprendizaje creando sus propias reglas de juego, y una salida

multimodal. El juguete diseñado utiliza un sensor de aceleración para detectar el balanceo o la agitación y un sensor de infrarrojos para las señales. Presenta 3 modalidades diferentes de salida; 1) un *feedback* visual a partir de LEDs RGB, 2) auditiva con la incorporación de un altavoz y 3) táctil con la integración de un motor de vibración. Fue desarrollado en Países Bajos.

El objetivo de la evaluación era conocer el impacto de múltiples modalidades de salida en un juego con juguetes interactivos, centrándose en la experiencia y creatividad de los niños. Así, fue comparado con una variante unimodal para mostrar cómo estas diferencias afectan la cantidad de juegos jugados, la diversidad de juegos y la forma en que se utiliza el juguete. Para la evaluación se organizaron 10 grupos mixtos de 3 o 4 participantes (un total de 37), entre 8 y 12 años. El juego fue utilizado en una escuela primaria y en una guardería. Para la comparación entre la variante multimodal con la unimodal, se asignaron 5 grupos para cada condición, a los cuales se explicaba que tenían que crear un juego y las posibilidades de interacción. Todas las sesiones fueron observadas, filmadas y se aplicó un cuestionario para analizar la experiencia. Entre los principales resultados se encontró que el Multimodal Mixer motivó a los niños a utilizar las acciones de sacudir o hacer rodar el juguete para enviar señales a otro Multimodal Mixer. Crearon múltiples juegos y utilizaron a los juguetes con diferentes roles en cada uno. Además, el juguete ayudó a los participantes a estar físicamente activos y estimular la actividad social. Los niños desarrollaron su juego de forma grupal, ya que el hecho de que los mezcladores se pudieran comunicar provocó que los niños jugaran juntos.

### 3.7 TAOs

TAOs (*Tangible Active Objects*) [23] es un proyecto que combina objetos tangibles activos con el uso de sonidos y permite a personas con discapacidad visual explorar datos multivariantes a través de diagramas de dispersión. Es un proyecto alemán, que permite traducir la experiencia visual de diagramas de dispersión en un dominio basado en audio y manifestaciones hápticas. Cada vez que se mueve un TAO, éste provee un sonido que expone características de la distribución de los datos.

La evaluación se llevó a cabo a través de estudios cualitativos y cuantitativos. Para ello, se realizaron 13 sesiones con 9 usuarios, de 24 a 67 años. Entre los principales resultados se encontró que un 77% de las sesiones tuvieron éxito. El 67% de los usuarios pudieron reconocer de forma exitosa el conjunto de datos explorados. Además, se aplicó un cuestionario donde todos indicaron que pueden trabajar con el sistema, asimismo, opinaron que fue divertido y que era fácil captar los TAO sin verlos.

### 3.8 Tangible Bots

Tangible Bots [24] es un proyecto para *tabletops* desarrollado en Dinamarca con tangibles activos que permiten reflejar cambios en modelos digitales. El principal objetivo del proyecto radica en proporcionar un conjunto de técnicas de interacción para

interfaces bidireccionales a través de tangibles activos. Las técnicas propuestas se dividen en: 1) *feedback* de interacción, 2) comandos de interacción, 3) interacciones grupales e 4) interacción basada en modelos. Los Tangible Bots toman como base de hardware a *Pololu 3pi Robots* equipados con un microcontrolador, motores de movimiento que permiten reflejar *feedback* háptico, corrección de errores y control *multi-touch*.

Como parte de la evaluación, se realizaron 2 estudios, el primero basado en la usabilidad y el segundo en la utilidad. Para el primer estudio se trabajó con 16 personas con el fin de investigar cómo los tangibles activos afectan la velocidad y precisión de la interacción para determinar cuántos tangibles activos se necesitan para que las técnicas de interacción fuesen ventajosas. Entre los principales resultados encontrados, se determinó que los Tangible Bots se pueden utilizar para manipulación de grano fino, ya que permite realizar movimientos giratorios en orientaciones particulares. En cambio, para movimientos gruesos, los Tangible Bots sólo son útiles cuando se controlan varios objetos al mismo tiempo. Para el segundo estudio, se analizó cómo las técnicas de IT ayudan o apoyan a usuarios expertos. Para ello, participaron 7 músicos electrónicos para evaluar una versión de MixiTUI, un secuenciador tangible para muestras de sonido y música editada [25]. Entre los principales resultados se identificó que todos los músicos encontraron los *feedback* hápticos útiles.

### 3.9 Active Pathways

Active Pathways [26] es un sistema tangible desarrollado en Alemania, compuesto por una *tabletop* y objetos activos que facilita el descubrimiento colaborativo y el aprendizaje en el modelado de procesos bioquímicos. Active Pathways permite la construcción y manipulación de modelos que generen propiedades espaciales y dinámicas a problemas científicos abstractos en el área de Bioquímica. Un punto importante de Active Pathways reside en los objetos activos (*Sitfeo cubes*), no solo funcionan como control para la manipulación de los datos que se visualizan en la *tabletop*, sino que se pueden convertir en componentes físicos del sistema dinámico que adquieren propiedades cambiantes a través del tiempo.

Como parte del proceso de evaluación asistieron 14 participantes, 12 de ellos con edades entre 18 y 24 años, y otros 2 entre 25 y 39 años. Se aplicó una entrevista semiestructurada con la finalidad de conocer los conocimientos previos de cada participante. Al terminar cada sesión, se empleó un cuestionario de utilidad y factibilidad a cada participante. Los resultados de la evaluación del sistema sugieren que es fácil de utilizar y aprender, y en cuanto a la utilidad, se indicó que principalmente proporciona la comprensión de sistemas complejos y la colaboración.

### 3.10 MagicBuns

MagicBuns [27] es un trabajo cuyo objetivo consiste en examinar el apoyo de diferentes modalidades de *feedback*, sobre diferentes comportamientos y formas de juego en distintas etapas de desarrollo de los niños. Fue desarrollado en Países

Bajos. MagicBuns está enfocado en combinar características de objetos de juegos tradicionales con tecnología moderna. Incluye 3 modalidades de *feedback*: luz, sonido y vibración, que se producen a partir de la interacción que tengan los participantes con el objeto tangible: rodar o sacudir.

Como parte de la evaluación, se realizó un estudio exploratorio para examinar las combinaciones entre 3 modalidades de *feedback*: 1) luces de colores y sonido, 2) luces de colores y vibración, y 3) sonido y vibración. Se emplearon grabaciones de audio y video en las sesiones. Se tuvo una colaboración de un total de 80 participantes de ambos sexos, 36 tenían edades entre los 4 y 6 años, y 44 entre 10 y 12 años. El total participó del juego en 3 ocasiones. Entre los principales resultados se encontró que se crearon un total de 34 juegos, entre ellos 21 en torno al *feedback*, y relacionados con la asociación. Las formas de juego y el *feedback* provisto por los MagicBuns indicaron que los participantes de menor edad desarrollaran juegos más físicos y simples, mientras que los de mayor edad incluían elementos más sociales, con reglas inventadas y eran cooperativos. Además, se determinó que 2 de las combinaciones de *feedback* empleadas provocaron una mayor atención de los participantes, principalmente porque contenía luces de colores. En cuanto a la vibración y sonido, los participantes más chicos, se sentían menos atraídos, mientras los más grandes valoraron el sonido.

#### 4 ANÁLISIS DE RESULTADOS A PARTIR DE LA APLICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE EVALUACIÓN

En esta sección se presenta la aplicación de los criterios a los antecedentes seleccionados y descritos previamente.

##### A. Descripciones generales

En los países que han desarrollado proyectos que incluyen objetos activos, se observa que la mayoría se llevaron a cabo en países europeos: 2 en Alemania, 2 en los Países Bajos, 1 en Suiza y 1 en Dinamarca, mientras que en el continente americano se analizaron 4 experiencias. 2 en Estados Unidos y 2 en Canadá.

En la Tabla 1, se muestra el análisis del nivel educativo. El nivel educativo superior/universitario, ha sido el foco de 6 de las experiencias analizadas, pudiendo considerarse como el principal público meta para el desarrollo de actividades educativas basadas en IT con objetos activos, y en una segunda instancia el nivel primario. Además, SynFlo es el único antecedente estudiado que fue planificado para ser utilizado en distintos niveles educativos.

##### B. Interacción tangible

En la Tabla 2 se realiza el análisis del criterio de tipo de actividad de aprendizaje. Se observa que existe paridad en las actividades analizadas. En las 5 actividades de tipo exploratorio el alumno se encarga de examinar una representación de un dominio ya existente, que es planificado por el docente o

experto. Las restantes son representaciones expresivas donde los objetos ayudan a los alumnos a concretar sus propias ideas (biodiseño en Eugenie y SynFlo, cuentos en Knight's Castle, y juegos en Multimodal Mixer y Magic Buns).

Tabla 1. Casos clasificados según nivel educativo.

Nivel Educativo	Antecedentes
Educación Especial	TAOs
Inicial	SynFlo
Primario	SynFlo
	Knight's Castle
	Multimodal Mixer
	Magic Buns
Secundario	SynFlo
Superior/universitario	SynFlo
	TabletopCars
	Eugenie
	Sparse Tangible
	Active Pathways
	Tangible Bots

Tabla 2: Casos clasificados según tipo de actividad de aprendizaje.

Tipo de actividad de aprendizaje	Antecedentes
Exploratoria	TabletopCars
	Sparse Tangible
	TAOs
	Tangible Bots
	Active Pathways
Expresiva	Eugenie
	SynFlo
	Knight's Castle
	Multimodal Mixer
	Magic Buns

La aplicación del criterio **modalidad de interacción** demuestra que todas las actividades contienen tangibles activos. En 5 trabajos las actividades fueron unimodales, usando sólo tangibles como modalidad de interacción (Knight's Castle, Multimodal Mixer, TAOs, SynFlo y MagicBuns) mientras que los 5 restantes utilizaron al menos 2 modalidades, combinando principalmente los tangibles activos con *tabletops*. De esas 5 actividades, en 3 las *tabletop* eran *multi-touch* (TabletopCars, TangibleBots y Sparse Tangibles) y sólo en una oportunidad (TabletopCars) se hizo uso de tangibles con *tabletop*, *multi-touch* y sin contacto.

Al analizar el criterio **tipos de feedback** se observa que los antecedentes estudiados brindan sólo 2 tipos de *feedback*: sobre la tarea y la autorregulación. De acuerdo con Van Seters et al. [11] el *feedback* sobre la tarea es el que más se utiliza, ya que indica al estudiante si las acciones realizadas son correctas o incorrectas. Todas las actividades estudiadas presentan *feedback* sobre la tarea, ya sea mediante texto, sonidos, luces y/o vibraciones.

En la Tabla 3 se observa que en 4 ocasiones se utilizó texto o animaciones a través del *display* de los objetos, en 5 sonidos, en 4 luces y en 5 *feedback* háptico. Es interesante resaltar que se encontró un estudio específico sobre la atención acorde a estos tipos de *feedback*, demostrando que las combinaciones de

feedback que incluían luces generaban mayor atención y exploración de los usuarios que cuando no solo se utilizaron sonidos y vibraciones [27]. Además, 6 de los 10 antecedentes (Eugenie, SynFlo, Multimodal Mixer, MagicBuns Sparse Tangibles y Knight’s Castle) agregan un tipo de feedback de autorregulación en conjunto con el feedback sobre la tarea. Se observa que se concreta a partir de acciones en donde se sugiere cierta información, y en algunos casos, qué estrategias utilizar.

**Tabla 3: Tipos de feedback por casos.**

Antecedentes	Texto y/o animación	Sonidos	Luces	Háptico
TabletopCars		X		
Eugenie	X			
SynFlo	X			
Sparse Tangibles	X		X	
Knight’s Castle		X	X	X
Multimodal Mixer		X	X	X
TAOs		X		X
Tangible Bots				X
Active Pathways	X			
MagicBuns		X	X	X

*C. Interfaces de usuario tangible*

En la Tabla 4 se presenta la clasificación de los casos estudiados al aplicar el criterio Framework MCRpd [12], analizando las distintas instancias de TUIs en donde hay objetos físicos como controladores de información digital.

**Tabla 4: Casos clasificados según Framework MCRpd.**

Antecedentes	Sistema Esp.	Sistema Const.	Sistema Rel.	Sistema Aso.
Tabletop Cars	X			
Eugenie		X	X	
SynFlo		X	X	
Sparse Tangibles				X
Knight’s Castle			X	
Multimodal Mixer			X	
TAOs	X			
Tangible Bots	X			
Active Pathways		X	X	
MagicBuns			X	

\*Esp (Espacial), Const (Constructivo), Rel (Relacional), Aso (Asociativo)

Las interfaces tangibles que presentan posiciones espaciales de diversos objetos físicos dentro de un mismo marco de referencia son TabletopCars, TAOs y Tangible Bots, donde los tangibles activos se manipulan para generar interacciones de la información digital. Los sistemas constructivos incluyen interfaces tangibles donde se desarrollan artefactos modulares, como los sistemas de biodiseño basados en los módulos de Sifteo. En este sentido, SynFlo, Active Pathways y Eugenie constituyen un sistema constructivo, donde se realizan diseños ya sea apilando, uniendo o incrustando los objetos. Los sistemas relacionales, donde existen relaciones entre los diversos tangibles, proporcionadas computacionalmente, son: Knight’s Castle, Multimodal Mixer y MagicBuns. Finalmente, como sistema asociativo se encuentra Sparse Tangibles, este asocia los objetos activos con información digital sobre una tabletop, de

manera que a medida que se mueven por la superficie de la tabletop, estos siguen asociados e ilustran gráficos y tablas, y cuando se separan de la superficie los gráficos desaparecen.

La intención de clasificar los casos según el **Framework basado en el grado de coherencia** al igual que el Framework MCRpd, está dirigida a analizar las interfaces tangibles considerando las diferentes formas en que se pueden acoplar los objetos físicos y digitales. En particular, el grado de coherencia pone el foco en el tipo de enlace de los objetos físicos y digitales. Es decir, busca clasificar las TUIs con respecto al grado en que los objetos físicos y digitales se ven como un mismo objeto que existe tanto en el dominio físico como en el digital, o si se ven como objetos separados que se interconectan de forma temporal. La Figura 1 muestra la clasificación de los antecedentes estudiados de acuerdo con las categorías preestablecidas por Koleva et al. [13]. De acuerdo con lo analizado, se indica que se encontraron en las experiencias 2 formas de relación entre objetos físicos y digitales: la basada en un identificador y la ilusión de ser el mismo objeto.



**Figura 1: Casos clasificados según Framework basado en el grado de coherencia.**

El criterio identificador corresponde a la representación de objetos físicos que forman parte de la interfaz, y para ello utilizan marcadores para recuperar información digital, por ejemplo, un fiducial. TabletopCars, TAOs, Active Pathways, Tangible Bots y Sparse tangibles pertenecen a este criterio, ya que todos utilizan marcadores para presentar y aumentar información digital. Luego, se pueden establecer diferencias en las experiencias estudiadas basadas en: el alcance de la interacción, si el vínculo es permanente, si la información es fija o puede ser transformada, incluso si existe autonomía o dependencia entre los objetos físicos y digitales. También, como segunda categoría se ha identificado la ilusión de ser el mismo objeto, que se da cuando se acoplan objetos físicos y digitales, y se genera la ilusión de ser sólo uno, como ocurre en Knight’s Castle, Multimodal Mixer, MagicBuns, Eugenie y SynFlo, donde la mayor parte de la interacción está centrada en los objetos físicos que representan lo mismo en el mundo digital y en el físico.

*D. Aspectos Metodológico-educativos*

La aplicación del criterio **tipo de actividad educativa** busca identificar la dinámica de trabajo y el enfoque de aprendizaje empleado. El análisis demuestra que sólo en una ocasión se identificó una dinámica exclusivamente individual (TAOs). En otro caso se indicó una actividad grupal y competitiva (TabletopCars) mientras que en Knight’s Castle se presentan actividades tanto grupales como individuales, debido a la configuración y las modalidades del entorno creado para llevar a

cabo el proceso de interacción y la dinámica del juego. Finalmente, los 7 antecedentes restantes contienen actividades grupales y colaborativas. La aplicación del criterio de **evaluación** evidenció que todos los casos estudiados presentan una evaluación. Algunas fueron formales y otras no, y se utilizaron distintos enfoques. Entre las técnicas utilizadas se identificaron: la observación, filmación, cuestionarios, entrevistas y encuestas. El foco de evaluación fue la usabilidad, utilidad, experiencia de usuario y en algunos casos la comparación de las modalidades de interacción. También, algunas se realizaron con usuarios finales, mientras que en 2 oportunidades (Sparse Tangibles y Tangible Bots) con usuarios expertos. Es importante mencionar que no se identificó una evaluación enfocada únicamente en el accionar de los objetos activos. La mayoría buscaba evaluar aspectos de la interacción como un todo, principalmente ver comportamientos del diseño de los escenarios y del juego, y no en cómo la incorporación de objetos activos aporta al desarrollo de las actividades educativas. En un caso (Multimodal Mixer) se analizó el tipo de *feedback* en los objetos, antecedente que resulta de especial interés para este trabajo.

## 5 RELACIONES ENTRE LOS CRITERIOS DE ANÁLISIS

La categoría descripciones generales revela que, para el criterio de nivel educativo, hay casos estudiados en todos los niveles educativos, pero la mayoría se concentró en el superior/universitario. Por otra parte, en la categoría de IT en cuanto al criterio de los tipos de actividad de aprendizaje, existe paridad entre los trabajos de tipo exploratorio y expresivo, no obstante, existe una particularidad y ésta radica en que 4 de 5 actividades de tipo expresiva (SynFlo, Knight Castle, Magic Buns y Multimodal Mixer) fueron planificadas para el nivel educativo primario y las actividades exploratorias en su mayoría fueron destinadas al nivel educativo superior/universitario. Las actividades de aprendizaje expresivas en donde los participantes tienen la posibilidad de crear representaciones se utilizaron para la creación de juegos y cuentos, principalmente cuando el nivel educativo se orientó exclusivamente al primario.

Otro de los aspectos importantes de la categoría IT está en el criterio de tipos de *feedback*, en donde todos los antecedentes brindan un *feedback* sobre la tarea, haciendo uso de diferentes modalidades como luces, sonidos y/o vibraciones. El *feedback* sobre la tarea permite que los participantes reconozcan sus errores, y esto puede llevarlos a indagar nuevas respuestas y estrategias para completar tareas, y por tanto promover en algún modo hacer uso de sus propias competencias de autorregulación [28]. Además, todos los antecedentes revisados del tipo de actividad expresiva poseen un *feedback* de autorregulación. Esto indica que aquellos casos en donde los participantes tienen la posibilidad de generar representaciones para ciertos dominios, a partir de sus propias ideas, presentan modalidades que permiten monitorear, dirigir y regular las acciones hacia la meta de aprendizaje. Por ejemplo, en MagicBuns a través de alguna de

las modalidades de *feedback*, como los cambios de color, logró persuadir a los estudiantes a explorar nuevas posibilidades.

En relación con la información recolectada en la categoría TUIs el resultado más destacado corresponde al criterio *framework* basado en el grado de coherencia que permite echar luz para comprender las diferentes formas en que los objetos físicos y digitales se pueden acoplar. El análisis del criterio determinó la existencia de 2 clasificaciones, los que han basado su proceso de interacción en los identificadores y los que hacen ilusión de ser el mismo objeto. En particular, se pudo observar que todos aquellos antecedentes estudiados que hacen ilusión de ser el mismo objeto son, en general, actividades del tipo expresivo y que presentaron un *feedback* de autorregulación. Además, se ha podido observar una similitud en al menos 4 de los antecedentes estudiados (SynFlo, Knight Castle, Magic Buns y Multimodal Mixer). Las características que comparten estas actividades son: se orientan a nivel educativo primario, emplean actividades expresivas a través del diseño propuesto en los objetos activos, los estudiantes son los encargados de recrear sus propias ideas en representaciones digitales, los objetos suministran a los participantes un *feedback* relacionado con la autorregulación en su aprendizaje y tienen la misma representación en el mundo físico que en el digital (ilusión de ser el mismo objeto).

Finalmente, en cuanto a la categoría metodológico educativo, al aplicar el criterio de tipo de actividad se detectó que la mayoría de los antecedentes enfocan las actividades a que sean grupales y colaborativas. A su vez, en representación del criterio de evaluación los antecedentes presentaron evaluaciones enfocadas principalmente en la usabilidad y utilidad. Se observó que los objetos activos se crearon utilizando hardware de código abierto. Adicionalmente, se pudieron observar algunos resultados de valor a partir de la implementación de los objetos activos en las actividades de aprendizaje. Entre ellos se encuentran los siguientes: lograr escalabilidad y enlaces dinámicos, generar representaciones directas a través de procesos sensoriales y motores, integrar tangibles de la vida real para fomentar la participación y proporcionar un contexto adicional a la actividad, brindar nuevas experiencias de juego y aprendizaje, apoyar la interacción exploratoria y expresiva, reducir conflictos entre los modelos digitales y el diseño espacial de los elementos tangibles, animar a los estudiantes a estar físicamente activos, estimular la actividad social, facilitar el aprendizaje y el pensamiento a través de la acción, crear juegos constructivos, y persuadir a los alumnos para que desarrollen aún más las habilidades y conocimientos objetivos, a partir del *feedback*.

## 6 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Los objetos activos tienen la potencialidad de tener un comportamiento propio y reflejar *feedback* [23], lo que puede resultar importante en el desarrollo de actividades educativas. Así se pueden crear actividades en las que los objetos activos favorezcan la generación de metáforas y la mayor atención de los estudiantes en sus tareas [5], [27].

En este trabajo se han descrito y analizado un total de 10 casos de actividades educativas que involucran objetos activos, creados generalmente con electrónica accesible y de código abierto, por ejemplo, los cubos de *Sifteo* utilizados en 3 experiencias estudiadas. Con ellos es posible crear actividades educativas que fomenten el aprendizaje, la diversión y las habilidades sociales [9]. El análisis presentado en este trabajo se ha realizado a partir de la definición de diferentes criterios de análisis, y evidenció que los antecedentes estudiados se orientan principalmente al nivel educativo superior/universitario seguido del primario, la mitad se enfocó en tipos de actividades de aprendizaje exploratorias y la otra en expresivas, usando principalmente objetos activos con *tabletops*. En cuanto a los tipos de *feedback* utilizados, se relacionan con la tarea y luego la autorregulación. Se han estudiado sistemas relacionales con relaciones espaciales y de tipo constructivos en algunos casos. En la mayoría de las experiencias, se utilizan marcadores para identificar cada objeto. En cuanto a la dinámica, se trata de actividades grupales y colaborativas, y las evaluaciones se enfocan en la usabilidad, utilidad y algunos aspectos de experiencias de usuario. Finalmente, se identificó que la utilización de los juguetes interactivos posibilita otorgar nuevas experiencias de juego y aprendizaje, que aprovechan *feedback* visual, auditivo y háptico (luces, sonidos, mensajes de texto y vibraciones) y anima a los estudiantes a estar activos, y a participar de las actividades. Se considera que este trabajo abre las puertas para profundizar en este tipo de investigaciones sobre objetos activos en actividades educativas.

Como trabajo futuro, se tomará el análisis realizado en este trabajo como base para el diseño de objetos activos como juguetes interactivos para desarrollar actividades educativas basadas en IT, considerando los aspectos positivos encontrados y profundizando el análisis de posibles limitaciones y barreras.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Gobierno de Aragón y la Unión Europea a través de la acción FEDER 2014-2020 “Construyendo Europa desde Aragón” (Grupo T25\_17D) y por la Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. De Buenos Aires, a través del proyecto REFORTICCA.

## REFERENCIAS

- [1] H. Ishii y B. Ullmer, «Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits, and atoms», en *Proceedings of the 8th international conference on Intelligent user interfaces*, 2003, n.º March, pp. 234-241.
- [2] B. Ullmer y H. Ishii, «The metaDESK: Models and Prototypes for Tangible User Interfaces», en *Proceedings of the 10th annual ACM symposium on User interface software and technology*, 1997, pp. 223-232.
- [3] B. East, S. DeLong, R. Manshaei, A. S. Arif, y A. Mazalek, «Actibles: open source active tangibles», en *Proceedings of the 2016 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces*, 2016, pp. 469-472.
- [4] O. Zuckerman, S. Arida, y M. Resnick, «Extending Tangible Interfaces for Education: Digital Montessori-inspired Manipulatives», en *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2005, pp. 859-868.
- [5] C. Valdes *et al.*, «Exploring the design space of gestural interaction with active tokens through user-defined gestures», en *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2014, pp. 4107-4116.
- [6] W. Y. Hwang, R. Shadiev, C. W. Tseng, y Y. M. Huang, «Exploring Effects of Multi-Touch Tabletop on Collaborative Fraction Learning and the

- Relationship of Learning Behavior and Interaction with Learning Achievement», *Educ. Technol. Soc.*, vol. 18, n.º 4, pp. 459-473, 2015.
- [7] S. Follmer y H. Ishii, «kidCAD: Digitally Remixing Toys Through Tangible Tools», en *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2012, pp. 2401-2410.
- [8] L. Villafuerte, M. Markova, y S. Jorda, «Acquisition of social abilities through musical tangible user interface», en *Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 2012, pp. 745-760.
- [9] J. Marco, E. Cerezo, y S. Baldassarri, «Tangible interaction and tabletops: new horizons for children's games», *Int. J. Arts Technol.*, vol. 5, n.º 2/3/4, pp. 151-176, 2012.
- [10] P. Marshall, S. Price, y Y. Rogers, «Conceptualising tangibles to support learning», en *Proceedings of the 2003 conference on Interaction design and children*, 2003, pp. 101-109.
- [11] J. R. Van Seters, M. A. Ossevoort, J. Tramper, y M. J. Goedhart, «The influence of student characteristics on the use of adaptive e-learning material», *Comput. Educ.*, vol. 58, n.º 3, pp. 942-952, 2012.
- [12] B. Ullmer y H. Ishii, «Emerging frameworks for tangible user interfaces», *IBM Syst. J.*, vol. 39, n.º 3.4, pp. 915-931, 2000.
- [13] B. Koleva, S. Benford, K. H. Hui Ng, y T. Rodden, «A framework for tangible user interfaces», en *Proceedings of Physical Interaction Workshop on Real World User Interfaces*, 2003, pp. 46-50.
- [14] C. T. Dang y E. André, «TabletopCars: interaction with active tangible remote controlled cars», en *Proceedings of the 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction*, 2013, pp. 33-40.
- [15] C. Grote, E. Segreto, J. Okerlund, R. Kincaid, y O. Shaer, «Eugenie: Multi-Touch and Tangible Interaction for Bio-Design», en *Proceedings of the Ninth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, 2015, pp. 217-224.
- [16] D. Merrill, E. Sun, y J. Kalanithi, «Sifteo cubes», en *CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 2012, pp. 1015-1018.
- [17] J. Okerlund, E. Segreto, C. Grote, L. Westendorf, A. Scholze, y U. N. C. Charlotte, «SynFlo: A Tangible Museum Exhibit for Exploring Bio-Design», en *Proceedings of the TEI '16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, 2016, pp. 141-149.
- [18] A. S. Arif, R. Manshaei, S. DeLong, B. East, M. Kyan, y A. Mazalek, «Sparse Tangibles: collaborative exploration of gene networks using active tangibles and interactive tabletops», en *Proceedings of the TEI '16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, 2016, pp. 287-295.
- [19] M. Kaltenbrunner y R. Bencina, «ReactIVision: A Computer-Vision Framework for Table-Based Tangible Interaction», en *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction*, 2007, pp. 69-74.
- [20] M. Lampe y S. Hinske, «The Augmented Knight's Castle—Integrating Mobile and Pervasive Computing Technologies into Traditional Toy Environments», *Concepts Technol. Pervasive Games—A Read. Pervasive Gaming Res.*, vol. 1, pp. 41-66, 2007.
- [21] S. Hinske, M. Lampe, N. Yuill, S. Price, y M. Langheinrich, «Kingdom of the Knights: evaluation of a seamlessly augmented toy environment for playful learning», en *Proceedings of the 8th International Conference on Interaction Design and Children*, 2009, p. 202.
- [22] E. Hopma, T. Bekker, y J. Sturm, «Interactive Play Objects: The Influence of Multimodal Output on Open-Ended Play», en *Intelligent Technologies for Interactive Entertainment*, vol. 9, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, pp. 78-89.
- [23] E. Riedenklau, T. Hermann, y H. Ritter, «Tangible Active Objects and Interactive Sonification as a Scatter Plot Alternative for the Visually Impaired», en *Proceedings of the 16th International Conference on Auditory Display*, 2010, pp. 1-7.
- [24] E. W. Pedersen y K. Hornbæk, «Tangible bots: Interaction with Active Tangibles in Tabletop Interfaces», en *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2011, pp. 2975-2984.
- [25] E. W. Pedersen y K. Hornbæk, «mixiTUI», en *Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction*, 2009, pp. 223-230.
- [26] M. Mehta *et al.*, «Active Pathways: Using Active Tangible and Interactive Tabletops for Collaborative Modeling in System Biology», en *Proceedings of the 2016 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces*, 2016, pp. 129-138.
- [27] H. H. van Huysduynen, L. de Valk, y T. Bekker, «Tangible Play Objects: Influence of Different Combinations of Feedback Modalities», en *Proceedings of the TEI '16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, 2016, pp. 262-270.
- [28] J. Hattie y H. Timperley, «The power of feedback», *Med. Educ.*, vol. 44, n.º 1, pp. 16-17, 2010.



**Reconocimiento de emociones en video y audio mediante el uso de técnicas de Inteligencia Artificial**

Juan Miguel López and Nestor Garay-Vitoria.

**Abstract:** This work is included in the affective computing area, specifically emotion recognition. Using a wide spectrum of Artificial Intelligence classification techniques, the results obtained in emotion recognition estimations are shown on audio and videos gathered from RekEmozio database, for both Spanish and Basque languages. Emotion categorization has been performed using Big- Six emotions, in which emotions considered as universal for all humankind are used. Regarding emotion recognition in human speech, achieved results have reached 60% in Spanish and 59% in Basque, performing a speaker independent analysis in both cases. By means of a facial feature based emotional category association process, outcomes achieved for some of used techniques have reached 100% for emotional facial expression recognition. Performed work opens the door for follow-up works for other languages or classifications.

Notes/Notas:

# Reconocimiento de emociones en video y audio mediante el uso de técnicas de Inteligencia Artificial

Juan-Miguel López-Gil<sup>†</sup>  
Departamento de Lenguajes y  
Sistemas Informáticos  
Facultad de Informática  
Universidad del País Vasco  
Donostia-San Sebastián  
juanmiguel.lopez@ehu.eus

Nestor Garay-Vitoria  
Departamento de Arquitectura y  
Tecnología de Computadores  
Facultad de Informática  
Universidad del País Vasco  
Donostia-San Sebastián  
nestor.garay@ehu.eus

## ABSTRACT

This work is included in the affective computing area, specifically emotion recognition. Using a wide spectrum of Artificial Intelligence classification techniques, the results obtained in emotion recognition estimations are shown on audio and videos gathered from RekEmozio database, for both Spanish and Basque languages. Emotion categorization has been performed using Big-Six emotions, in which emotions considered as universal for all humankind are used.

Regarding emotion recognition in human speech, achieved results have reached 60% in Spanish and 59% in Basque, performing a speaker independent analysis in both cases. By means of a facial feature based emotional category association process, outcomes achieved for some of used techniques have reached 100% for emotional facial expression recognition. Performed work opens the door for follow-up works for other languages or classifications.

## CCS CONCEPTS

- Human-centered computing~Natural language interfaces
- Human-centered computing~Sound-based input / output
- Human-centered computing~Gestural input
- Computing methodologies~Artificial intelligence

## KEYWORDS

Computación emocional, Reconocimiento de emociones, Inteligencia Artificial

## 1 Introducción

Los seres humanos somos eminentemente emocionales, dado que nuestra capacidad de interacción social se basa en nuestra capacidad de comunicar sus emociones y percibir los estados emocionales de otros. La computación emocional consiste en dotar a los sistemas informáticos de mecanismos que emulan y/o interpretan las emociones de las personas [1]. Su objetivo es facilitar una comunicación con dichos sistemas más natural, desde el punto de vista humano.

Las emociones son multimodales [2] y en la actualidad se suelen reconocer a partir de expresiones faciales [3], entonaciones orales [4], información psicofisiológica [5] e incluso los textos empleados [6], tanto por separado como por medio de combinaciones de varios de ellos [7]. De cara a darlos a conocer a los usuarios, son habituales el empleo de avatares [8] y síntesis del habla [9], a menudo combinados.

Aunque en general las personas somos expertas en reconocer y expresar emociones, hay que indicar que en ocasiones suele haber confusiones en la transmisión de las mismas. Ello puede ser debido a diversos factores ambientales (tales como ruido, iluminación o lejanía entre los interlocutores), así como personales (tales como la concentración o el trato o confianza con el otro interlocutor). Este hecho conlleva que a menudo se hagan validaciones de recursos emocionales por parte de personas, con el fin de estimar si dan a conocer la emoción adecuada o si los interlocutores son capaces de percibirla de manera correcta [10]. Debido a ello, muchos sistemas informáticos también están lejos de lograr un 100% de reconocimiento o incluso de mostrar las emociones sin que parezcan exageradas.

En este artículo, se presentan unos estudios que se han realizado por medio de técnicas de inteligencia artificial [11] para reconocer emociones. Se parte de la base de datos RekEmozio [12], base de datos emocional con grabaciones en castellano y euskera, y se analizan las grabaciones audio y video con las que cuenta dicha base. Se presenta el método de pre-procesamiento de las grabaciones previo a la aplicación de esas técnicas, con el fin de intentar extraer las características relevantes de habla humana y vídeo que mejorarán la clasificación a realizar, así como las técnicas de inteligencia artificial empleadas. Posteriormente, se presentan los resultados obtenidos en este estudio, tanto para la clasificación basada en habla humana en castellano y euskera como para características faciales en vídeo. Tras una discusión sobre los resultados, se incluyen algunas conclusiones y líneas de trabajo futuras.

## 2 Estado del arte

Existen varias teorías emocionales provenientes del área de la psicología que se pueden emplear en computación emocional. Entre ellas, la clasificación categórica [13], es una de las que más

se emplean y es la que utilizamos en este estudio. Así se establece un número discreto de emociones, que suele variar según la referencia que se emplee, y se trata de identificar cuál es el caso más acertado para la interacción en curso. Dada la gran disparidad de valores discretos que se suelen contemplar, hay autores que han hecho estudios sobre las emociones que pueden aplicarse independientemente de las culturas [3] y han estimado que hay seis que pueden considerarse universales (conocidas como Big-Six emotions): Tristeza, Miedo, Alegría, Enfado, Sorpresa y Asco. Si les añadimos la expresión Neutral, estamos frente a las siete alternativas que consideramos en este estudio.

Por otro lado, cada vez hay más bases de datos de recursos emocionales accesibles que pueden emplearse en investigación. Las bases de datos emocionales categóricas encontradas en la literatura emplean principalmente las conocidas Big-Six emotions como categorías emocionales. Entre las que contienen grabaciones de audio se han encontrado bases de datos actuadas en diferentes idiomas, como el castellano [14] [12], euskera [15] [12], alemán [9], italiano [16] o inglés [17] [18]. Respecto a bases de datos con expresiones faciales emocionales, en la literatura se han encontrado varias que emplean categorías emocionales, como [19], [20] o [21]. Respecto a bases de datos en las que aparecen grabaciones tanto de audio como de vídeo emocional, aparte de las anteriormente citadas [12], [17], [18], [21], también caben destacar [22] [23] y [24].

La selección de características de habla humana adecuadas de la señal de voz humana es una de las decisiones más importantes a adoptar para el reconocimiento de emociones. Esto resulta aún más importante cuando se emplean técnicas de reconocimiento de patrones, dado que dependen en gran medida del dominio y el material de entrenamiento disponibles. Las características de habla humana más empleadas en la literatura requieren el cómputo de características prosódicas y continuas, cualitativas, espectrales y basadas en energía. [4] y [25] hacen un repaso de las principales características de habla humana aplicables a expresión de emoción. El método de extracción de características también es un tema de discusión regular en el campo del reconocimiento de emociones en habla. Dada la naturaleza no estacionaria de las señales de habla, las características se extraen, en general, de pequeñas tramas de audio superpuestas, que consisten en porciones de milisegundos de señal. Las características a nivel de trama se conocen como características locales. Empleando estas características locales y calculando estadísticos entre ellas, también se calculan características globales a nivel de expresión oral. Incluso cuando en muchos trabajos los mejores resultados se han obtenido empleando características globales en vez de locales [26] [27], sigue sin estar claro si las características globales siempre funcionarán mejor para cualquier tipo de clasificación emocional. De hecho, en el trabajo presentado en [28] se demuestra que las características globales no funcionan correctamente a la hora de reconocer emociones con activaciones similares, tales como alegría y enfado.

Respecto al reconocimiento de emociones en expresiones faciales, el sistema Facial Action Coding System (FACS) propuesto por Ekman & Friesen [3] es un método comprensivo y

ampliamente usado para describir la actividad facial. Empleando FACS, codificadores humanos pueden codificar de forma manual todas las posibles expresiones faciales, descompuestas en 30 action units (AU) o unidades de acción. Combinaciones de AUs definidas en FACS pueden describir etiquetas emocionales, aunque esta inferencia es extrínseca a FACS, dado que es puramente descriptiva. Debido a su capacidad descriptiva, FACS ha emergido como criterio de medida del comportamiento facial en múltiples campos, incluyendo la visión por computador [19]. FACS ha sido validado en diferentes estudios, encontrando en general de una buena a excelente fiabilidad por la ocurrencia, intensidad y temporización de AUs individuales y medidas más globales correspondientes a combinaciones específicas de emociones [29].

Establecer la categoría o el valor concreto de la emoción para el reconocimiento de las mismas se puede realizar de diferentes maneras. En este estudio, se hace uso de varias técnicas de clasificación que provienen de la Inteligencia Artificial. Por ejemplo, la plataforma Weka propone varias de ellas [30], como por ejemplo: IR rule, Árboles de Decisión, k-NN, Naive Bayes, Radial-bases Network, Support Vector Machine, Logistic Regression, Ada Boost, Bagging o Random Forest. Estos algoritmos representan paradigmas diferentes (basados en reglas, basados en árboles, basados en distancias, probabilísticos, basados en funciones, uniones de clasificadores) y conforman un estado del arte en el aprendizaje automático.

### 3 Estudio realizado

En esta sección se describe, en primer lugar, el material empleado en el caso de estudio, en concreto la base de datos emocional RekEmozio. A continuación, se especifican las características de habla humana empleadas en este estudio, así como las características faciales empleadas en el mismo. Posteriormente, se detallan las técnicas de inteligencia artificiales empleadas para clasificarlos en función de las categorías emocionales empleadas. Finalmente, se define el procedimiento seguido para recabar los audios y vídeos, pre-procesarlos con características adecuadas, obtener los ficheros con características para analizar y cómo se ha realizado la clasificación de los mismos empleando las técnicas de inteligencia artificial empleadas.

#### 3.1 Material

La base de datos RekEmozio contiene grabaciones además de metadatos para describir y etiquetar cada una de ellas [12]. En las grabaciones participaron 17 actores profesionales y 12 amateurs para expresar las emociones que se les solicitaron. Los recursos grabados no son reacciones emocionales naturales, sino que son actuaciones que llevaron a cabo las personas involucradas. Por un lado, se muestran expresiones faciales con seis transiciones que van desde la emoción Neutral hasta la que se quiere expresar entre las seis emociones universales (Big Six emotions). Por otro lado, se expresan unos audios tanto para el castellano como para el euskera, algunos de ellos incorporando textos emocionalmente

significativos y otros no, pero en cualquier caso entonándolos en base a alguna de las seis emociones universales.

Cuenta con un total de 320'50" de grabaciones en audio (296'58" de actores profesionales y 23'52" de amateurs), y 108'01" de grabaciones en video (93'56" de profesionales y 14'05" de amateurs). Los audios sobre el euskera suman 134'49" (130'41" son de actores profesionales), mientras que sobre el castellano suman 186'01" (de ellos, 166'17" son de profesionales). El audio está grabado en formato WAV, mientras el video está en AVI. Para más detalles al respecto de la base de datos RekEmozio, se sugiere leer [12].

La base de datos RekEmozio fue sometida a un proceso de validación por parte de usuarios finales para determinar la validez de la misma [31], en la que participaron un total de 57 voluntarios. Los resultados de la validación permitieron concluir que tanto las grabaciones de audio como las de vídeo con válidas para expresar las emociones correspondientes, con una tasa de reconocimiento global de un 66,50% en el caso de los audios y un 90% en los vídeos.

Para este trabajo, se han empleado las grabaciones de audio y vídeo de los actores profesionales de la base de datos, tanto en castellano como en euskera. Como se tomaron un total de 154 grabaciones de audio para cada actor, habiendo 10 y 7 actores para castellano y euskera, se han empleado un total de 1540 y 1078 audios en castellano y euskera, respectivamente. En cuanto a los vídeos, se han empleado 102, cada uno de ellos con 6 transiciones entre la emoción neutra y la emoción correspondiente a cada vídeo.

### 3.2 Características de habla humana

Los estados del arte presentados en [4] y [25] resumen la literatura psicológica sobre investigación en habla humana afectiva. De los datos empíricos expuestos se concluye que la intensidad (volumen), media, rango y variabilidad de F0 (frecuencia fundamental), así como la energía o alta frecuencia de una señal de habla muestra correlaciones con expresiones afectivas, como por ejemplo el estrés (intensidad, media de F0), enfado y tristeza (todas las características) y aburrimiento (variabilidad y rango de F0). El ritmo del habla y la articulación también es importante para todas las expresiones emocionales.

Con la intención de crear un conjunto de características de habla humana para emplear por parte de la comunidad de reconocimiento de emociones en habla, [32] compiló y presentó un conjunto minimalista de características de habla denominado extended Geneva Minimalistic Acoustic Parameter Set (eGeMAPS). El conjunto se compone de un total de 88 características, incluyendo descriptores de bajo nivel, tono y volumen, F0, ratio Alpha, índice Hammarberg, pendientes espectrales y el nivel de sonido equivalente, sobre los que se emplean estadísticos como la media aritmética y coeficiente de variación para completar el conjunto.

En este estudio se ha empleado el conjunto eGeMAPS para parametrizar todas las grabaciones de audio y extraer dicho

conjunto de características para cada una de ellas, empleando para ello el software OpenSmile [33].

### 3.3 Características faciales

A la hora de codificar características faciales se ha partido del sistema FACS propuesto por Ekman & Friesen [3]. En base a FACS, se desarrolló EMFACS [34], en el que se considera un subconjunto de unidades de acción relacionadas con las emociones. La Tabla 1 muestra las unidades de acción (AUs) y las emociones categóricas con las que tienen relación: Alegría (Al), Tristeza (T), Sorpresa (S), Miedo (M), Enfado (E), Asco (As).

Tabla 1. Unidades de Acción y Emociones relacionadas

AU	Nombre	Al	T	S	M	E	As
1	Subir ceja interior		X	X	X		
2	Subir ceja exterior			X	X		
4	Bajar cejas		X		X	X	
5	Subir párpado superior			X	X	X	
6	Levantar mejillas	X					
7	Tensar párpados				X	X	
9	Arrugar nariz						X
12	Elevar comisuras labio	X					
14	Hoyuelo						
15	Depresor esquinas labio		X				X
16	Depresor labio inferior						X
20	Estiramiento horizontal labios				X		
23	Afinar labios					X	
26	Caida mandíbula			X	X		

Cabe reseñar que, aparte de los AUs que aparecen para cada emoción, también se ha de considerar la intensidad con la que cada acción ocurre. FACS construye una escala de 5 intensidades posibles para delimitar el grado de intensidad de cada AU.



Figura 1. Detección de caras en OpenFace

A la hora de extraer características faciales se ha empleado el software OpenFace [35]. Este software permite identificar caras en fotografías de vídeos, a partir de cuya identificación permite extraer un conjunto con un total de 709 características relacionadas con la localización y rotación de la cara, dirección de la mirada, localización de las diferentes partes de la cara en 2D y

3D y presencia e intensidad de AUs. La Imagen 1 muestra el proceso de detección de caras a partir de fotogramas realizado por OpenFace.

Se ha empleado OpenFace sobre la muestra de vídeos de la base de datos RekEmozio descrita previamente, dando lugar a un conjunto de ficheros con todas las características extraídas mediante OpenFace para todos los fotogramas de cada vídeo analizado.

Dado que en vídeo estaba etiquetado con una emoción concreta y que en cada uno de ellos cada actor realizaba un total de 6 transiciones entre la emoción neutra y la emoción correspondiente a cada vídeo, surgió el problema de identificar fotogramas individuales vinculados a cada emoción, dado que los fotogramas individuales no estaban etiquetados con una emoción asociada (fuera neutra o la emoción correspondiente) y no podían ser clasificados. Para solventar esta situación, se desarrolló un proceso automático de asociación de categorías emocionales a fotogramas en base a extracción de características faciales y la emoción representada en cada vídeo. En dicho proceso, se analizaron las salidas proporcionadas por OpenFace en busca de activaciones de las AUs correspondientes a cada emoción en cada una de las 6 transiciones de cada vídeo. En base a ello, se generaron dos resultados. En el primero de ellos, se recabaron los fotogramas que tuvieran activaciones de los AUs correspondientes a la emoción del vídeo asociado y se seleccionó un fotograma de cada transición en función de la media aritmética de las intensidades de los AUs correspondientes a la emoción del mismo. De esta forma se obtuvieron las características de 179 fotogramas etiquetados emocionalmente, dado que en un número de transiciones no se identificó ningún fotograma que tuviera activados los AUs correspondientes a la emoción representada por el actor en ese momento. Los fotogramas asociados a este conjunto de datos fueron analizados por parte de un evaluador humano para verificar que correspondieran a la emoción extraída, sin que dicho proceso de validación detectara ningún falso positivo. En cuando al segundo resultado obtenido, en este caso se incluyeron todos los fotogramas de cada vídeo que tuvieran activación de las AUs correspondientes a cada vídeo en cuestión, independientemente de que pudiera haber más de un resultado por cada transición que el actor realizara y de la intensidad de los AUs detectados, obteniendo un total de 2613 fotogramas etiquetados emocionalmente. En ambos casos se incluyó la emoción neutra mediante el fotograma inicial de cada vídeo, dado que en todos ellos se partía de una pose neutra. Es destacable no se detectó ningún fotograma que activara simultáneamente los AUs de la categoría emocional Miedo.

### 3.4 Técnicas de inteligencia artificial

Se seleccionaron un total de 14 algoritmos de clasificación supervisada diferentes para analizar los datos recabados. Dicha selección se realizó para englobar algoritmos de tipo diferente a la hora de clasificar los datos. Estos algoritmos representan paradigmas diferentes, incluyendo algoritmos basados en reglas, basados en árboles, basados en distancias, probabilísticos y basados en funciones. Se han seleccionado exclusivamente

algoritmos base, es decir, no se han empleado algoritmos de uniones de clasificadores, dado que la selección o configuración de la unión condicionaría los resultados obtenidos.

A continuación, se ofrece una breve descripción de los algoritmos empleados:

#### **NaiveBayes:**

La regla de naïve Bayes [36] emplea el teorema de Bayes para predecir la clase de cada caso, asumiendo que los genes predictivos son independientes de la categoría.

#### **Bayesian Networks:**

Una red bayesiana [37] o modelo gráfico acíclico dirigido es un modelo probabilista que representa un conjunto de variables aleatorias y sus independencias condicionales mediante un grafo acíclico dirigido.

#### **Deep Neural Network:**

Red neuronal profunda que incluye una serie de capas con unidades de procesamiento no lineal para extraer y transformar características. Cada capa emplea la salida de la capa anterior como entrada [38].

#### **Logistic Regression:**

Una regresión logística (también conocida como regresión logit o modelo logit) está considerado en estadística como un modelo de regresión donde la variable dependiente es categórica [39].

#### **Multilayer Perceptron:**

Modelo de red neural artificial pre-alimentada que mapea conjuntos de datos de entrada en conjuntos de salidas [40]. Un Multilayer Perceptron consiste en múltiples capas de nodos en un grafo dirigido, con cada capa completamente conectada a la siguiente. Salvo los nodos de entrada, cada nodo es un elemento de procesamiento con una función de activación no lineal.

#### **Support Vector Machines:**

Conjunto de métodos de aprendizaje supervisado relacionados empleados para clasificación y regresión [41]. Tomando los datos de entrada como dos conjuntos de vectores en un espacio de  $n$  dimensiones, un SVM construye un hiperplano sobre dicho espacio que maximiza el margen entre ambos conjuntos.

#### **k-Nearest Neighbors:**

Algoritmo clasificador de vecino más cercano basado en casos [42]. Para clasificar una nueva muestra, emplea una medida de distancia simple para encontrar la instancia de entrenamiento más próxima a la instancia de test, empleando la misma clase de la instancia de entrenamiento para predecirla.

#### **KStar:**

Algoritmo basado en instancia que emplea una función de distancia basada en entropía [43]

**Repeated Incremental Pruning to Produce Error Reduction (RIPPER):**

El sistema de aprendizaje basado en reglas presentado en [44] forma reglas mediante un proceso de crecimiento repetido (para ajustar los datos de entrenamiento) y podado (para evitar el overfitting). RIPPER gestiona múltiples clases ordenándolas de la menos a la más prevalente y tratando entonces cada una en orden como dos problemas de clase distintos.

**One Rule:**

Árbol de decision de un nivel, que testea un solo atributo [45]. El atributo elegido es el que produce el error mínimo.

**PART:**

Usa una estrategia de divide y vencerás para construir un árbol C4.5 de decisión parcial en cada iteración y generar una regla en base a la mejor hoja del árbol, como parte de una lista de decisión.

**Hoeffding tree:**

Algoritmo de inducción de un árbol de decisión incremental capaz de aprender de la transmisión de datos masivos, asumiendo que la distribución no cambia en el tiempo [46].

**Tabla 2. Algoritmos empleados con sus implementaciones en Weka**

Tipo de Algoritmo	Algoritmo	Implementación Weka
Bayes	NaiveBayes	NaiveBayes
	Bayesian Networks	BayesNet
Functions	Deep Neural Network	D14jMlpClassifier
	Logistic Regression	Logistic
	Multilayer Perceptron	MultilayerPerceptron
	Support Vector Machines	SMO
Lazy	k-Nearest Neighbors	IBK
	KStar	KSTAR
Rules	RIPPER	JRIP
	One Rule	OneR
	PART	PART
Tree	Hoeffding tree	HoeffdingTree
	C4.5	J48
	Random Forest	RandomForest

**C4.5:**

Modelo de clasificación basado en un árbol de decisión C4.5 [47]. El árbol se construye de arriba a abajo, dividiendo el conjunto de entrenamiento y empezando con la selección de la mejor variable en la raíz del árbol.

**Random Forest:**

Construye un bosque con una combinación de árboles sin podar [48].

Para emplear los algoritmos seleccionados se ha empleado el paquete de software Weka [49], que incluye una colección de algoritmos de aprendizaje automático para tareas de minería de datos. La Tabla 2 especifica las implementaciones de los algoritmos mencionados en Weka, ordenándolos por tipo de algoritmo.

A la hora de emplear los algoritmos seleccionados, cabe destacar que se han empleado con los valores de configuración que Weka trae por defecto, así como mediante 10-fold cross-validation [50] para obtener una precisión de clasificación validada.

**4 Resultados**

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos en el reconocimiento de emociones en habla empleando todos los algoritmos descritos, tanto para castellano como para euskera. Tanto en castellano como en euskera, el algoritmo que ha obtenido mejores tasas de acierto ha sido RandomForest, con un 60,06% para el castellano y un 59,37% de reconocimiento en euskera, respectivamente. En la tabla aparecen marcados en negrita aquellos algoritmos que han logrado una tasa de acierto mayor que el 50%. En este caso, en castellano únicamente RandomForest, MultiLayerPerceptron, Logistic y SMO han conseguido pasar del 50%, mientras que en euskera han sido RandomForest, MultiLayerPerceptron y Logistic. La mediana de los algoritmos ha sido muy parecida en ambos idiomas, un 43,15% en castellano y un 43,00% en euskera.

**Tabla 3. Resultados en el reconocimiento de emociones en habla en Castellano y Euskera**

	Castellano	Euskera
Clasificador	Precisión (%)	Precisión (%)
NaiveBayes	36,04	31,73
BayesNet	39,94	35,71
D14jMlpClassifier	44,42	42,30
Logistic	<b>55,65</b>	<b>52,69</b>
MultilayerPerceptron	<b>59,68</b>	<b>55,84</b>
SMO	<b>54,09</b>	49,72
IBK	48,25	48,14
KSTAR	48,96	47,77
JRIP	38,57	37,57
OneR	28,96	28,11
PART	41,88	43,69
HoeffdingTree	36,36	31,35
J48	39,68	42,02
RandomForest	<b>60,06</b>	<b>59,37</b>
Mediana	43,15	43,00
Desviación	9,53	9,56

En la codificación empleada para registrar las categorías emocionales, los valores numéricos correspondieron a Tristeza (1), Miedo (2), Alegría (3), Enfadado (4), Sorpresa (5), Asco (6) y Neutra (7).

La Tabla 4 muestra la matriz de confusión del mejor algoritmo (RandomForest) para castellano. En la misma se puede apreciar que, de un total de 220 audios por cada emoción para clasificar, el mejor resultado lo obtuvo Neutra con 179, seguida de Tristeza y Sorpresa con 172 y 143, respectivamente. El valor más bajo correspondió a Asco con 90.

La Tabla 5 muestra la matriz de confusión del mejor algoritmo (RandomForest) para euskera. En la misma se puede apreciar que, de un total de 154 audios por cada emoción para clasificar, el mejor resultado lo obtuvo Neutra con 115, seguida de Tristeza y Sorpresa con 109 y 91, respectivamente. El valor más bajo correspondió a Alegría con 68.

**Tabla 4. Matriz de confusión de RandomForest (Castellano)**

a	b	c	d	e	f	g	classified
172	4	2	2	0	14	26	a = 1
24	112	16	19	16	25	8	b = 2
2	14	111	43	28	10	12	c = 3
8	14	38	118	24	6	12	d = 4
9	18	15	21	143	11	3	e = 5
47	26	14	10	8	90	25	f = 6
24	3	5	3	2	4	179	g = 7

**Tabla 5. Matriz de confusión de RandomForest (Euskera)**

a	b	c	d	e	f	g	classified
109	11	1	2	4	12	15	a = 1
21	83	11	7	17	13	2	b = 2
2	7	68	33	29	6	9	c = 3
5	5	29	88	13	7	7	d = 4
4	22	15	17	91	5	0	e = 5
24	7	9	9	5	86	14	f = 6
14	3	4	2	5	11	115	g = 7

La Tabla 6 muestra los resultados en reconocimiento obtenidos en expresiones faciales. Dentro de la columna Mejores se consignan los resultados obtenidos con la muestra de características de 179 fotogramas obtenidas de los fotogramas seleccionados por transiciones de neutro a emoción según la media de intensidad de los AUs correspondientes a la emoción del vídeo correspondiente. En la columna Todas se consignan los resultados obtenidos con la muestra de características de 2613 fotogramas obtenidas de los fotogramas en los que los AUs correspondientes a la emoción del vídeo estaban activos.

Según se puede apreciar, en ambos casos ha habido dos algoritmos que han conseguido un 100% de tasa de reconocimiento, SMO y MultiLayerPerceptron. En ambos casos

ha habido algoritmos con tasas de acierto muy elevadas; PART y J48 han obtenido en ambos casos tasas de más del 99%, mientras que D14jMlpClassifier, Logistic, IBK, JRIP y RandomForest han obtenido tasas de más del 99% en el caso de la muestra de 2613 fotogramas. En ambos casos el algoritmo KStar es el que obtiene los peores resultados, siendo estos sustancialmente peores que el resto de algoritmos. La mediana es elevada en ambos casos, de un 96,65% para la muestra de 179 fotogramas y 99,35% para la muestra de 2613 fotogramas, respectivamente.

**Tabla 6. Resultados en el reconocimiento de emociones en expresiones faciales**

	Mejores	Todas
Clasificador	Precisión (%)	Precisión (%)
NaiveBayes	83,24	90,66
BayesNet	88,27	84,23
D14jMlpClassifier	94,41	99,20
Logistic	96,65	99,85
MultiLayerPerceptron	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
SMO	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
IBK	97,21	99,50
KSTAR	8,94	6,35
JRIP	91,62	99,20
OneR	66,48	82,28
PART	99,44	99,85
HoeffdingTree	96,65	98,81
J48	99,44	99,85
RandomForest	97,77	99,50
Mediana	96,65	99,35
Desviación	24,27	24,82

## 6 Discusión

A la hora de analizar los resultados obtenidos en este trabajo, cabe destacar que, si bien los resultados en el reconocimiento de emociones en habla humana ha rondado al 60% con el mejor algoritmo, la tasa de acierto de la validación de la base de datos RekEmozio muestran que las personas que validaron la base de datos consiguieron un 66,50% de acierto en los mismo audios [31].

Si bien aún hay margen de mejora a la hora de emplear algoritmos de clasificación supervisada para reconocer emociones en las grabaciones de audio de RekEmozio, los algoritmos empleados en Weka con su configuración por defecto se acercan a los valores obtenidos en la validación con humanos sin tener que llegar a los niveles de sofisticación de otras técnicas empleadas sobre la misma base de datos [51]. Los resultados de este último estudio no son directamente comparables con los aportados en este trabajo, dado que se realizaron mediante modelos individuales para cada actor de la base de datos. En cambio, en el trabajo presentado, los análisis se realizaron de forma independiente al actor, combinando los audios de todos los actores a la hora de construir los modelos de clasificación empleados.

Respecto a las emociones reconocidas en habla humana, tomando como referencia las matrices de confusión del mejor de los clasificadores (Tablas 4 y 5), hay algunos hechos reseñables al comparar dichos resultados con los de la validación de RekEmozio. Las emociones mejor reconocidas han sido, aparte de la Neutra, Tristeza y Sorpresa tanto en castellano como en euskera. Si bien Tristeza también fue una de las emociones mejor reconocidas por los usuarios que validaron RekEmozio, es reseñable el hecho de que Enfado sea la tercera emoción más reconocida en castellano y euskera cuando fue la segunda emoción más reconocida en la validación de RekEmozio. Por otra parte, Alegría es la menos reconocida en euskera cuando fue la tercera mejor reconocida en la validación.

En el caso del vídeo los resultados han sido ostensiblemente mejores que en el caso del habla, del 100% en dos casos (SMO, MultiLayerPerceptron). Sin embargo, estos resultados han de considerarse con cautela, dado que en el caso del vídeo ningún fotograma de ninguno de los vídeos analizados contenía una activación simultánea de los AUs 1, 2, 4, 5, 7, 20 y 26 que según EMFACS corresponden a la emoción Miedo. Este hecho ha implicado que la clasificación de imágenes se ha realizado sobre 6 categorías y no sobre 7, como en el caso del audio y la validación de los vídeos con usuarios en la que se alcanzó un 90% de tasa de acierto [31].

Por otra parte, el hecho de que la validación humana de RekEmozio se hizo mediante la validación de las transiciones de neutro a emoción en clips de vídeo, pero no incluyera una categorización de los vídeos fotograma a fotograma ha llevado a desarrollar un método para categorizar los fotogramas de los vídeos en función de la activación de sus AUs correspondientes sobre los datos extraídos mediante OpenFace. Si bien ha sido verificado manualmente sobre la muestra de 179 fotogramas, no lo fue sobre las de 2613. Sin evidencia suplementaria en forma de validación de todo el conjunto no se puede afirmar con certeza que no ha habido ningún caso de falso positivo en la muestra de mayor tamaño. Además, también ha de considerarse que la información temporal tiene características útiles para el reconocimiento de expresiones faciales [52], lo que ha de considerarse para mejorar el proceso descrito para categorizar expresiones faciales emocionales.

En el caso de la implementación de Deep Learning para Weka, los resultados han sido bajos en comparación con el resto de algoritmos tanto para audio como para vídeo. En el caso del vídeo resulta llamativo, dado que las redes neuronales profundas están teniendo un gran éxito a la hora de realizar tareas de reconocimiento sobre imágenes. En este sentido, cabe reseñar que la tasa de acierto de las redes neuronales está muy influenciada por los parámetros del modelo empleado (o hiperparámetros) y que este tipo de redes neuronales deben ser sometidas a procesos de ajuste o tuneado de hiperparámetros para mejorar su rendimiento. En este caso, en coherencia con el resto de métodos empleados, se usaron los hiperparámetros que por defecto incluía el algoritmo D14jMlpClassifier en Weka. Por ejemplo, para mejorar sus resultados a la hora de reconocer expresiones faciales

emocionales en estado natural, [53] siguieron una aproximación de transferencia de conocimiento entre dos redes neuronales. Los procesos de ajuste también son aplicables al resto de los algoritmos empleados para mejorar su rendimiento.

Asimismo, quedaría por probar si aplicar las estrategias aquí descritas podrían servir para otras bases de datos o recursos emocionales, sea cual sea la cultura involucrada y la expresividad de los recursos que contengan.

## 7 Conclusiones y líneas futuras

El presente trabajo se engloba en el reconocimiento de emociones, dentro de la Computación Emocional. Se ha empleado la base de datos RekEmozio como fuente de datos etiquetados en categorías emocionales. El hecho de que los vídeos no estuvieran etiquetados por fotogramas ha hecho tener que definir un método para categorizar fotogramas para poder clasificar emociones sobre vídeo en la base de datos. Se han empleado técnicas muy diversas del ámbito de la inteligencia artificial sobre las grabaciones de voz humana y expresiones faciales y se han mostrado los resultados que consiguen. Los resultados obtenidos han demostrado que las técnicas actuales están cerca de poder alcanzar los resultados obtenidos mediante validación con humanos a la hora de reconocer emociones tanto en habla como en expresiones faciales. La metodología empleada ha sido presentada a fin de facilitar replicarla por parte de otros investigadores.

Como trabajo futuro, se han abierto nuevas posibilidades para ahondar en ajustes de las técnicas de clasificación aquí empleadas, así como en la aplicación en otras bases de datos, posiblemente relacionadas con otros idiomas.

## ACKNOWLEDGMENTS

Este trabajo ha recibido financiación del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades / Proyecto PhysComp, TIN2017-85409-P, así como del Departamento de Educación, Universidades e Investigación del Gobierno Vasco, IT980-16.

## REFERENCES

- [1] K. Höök, "Affective Computing," The Interaction Design Foundation, 2012.
- [2] P. J. Lang, "The emotion probe. Studies of motivation and attention," *Am Psychol*, vol. 50, no. 5, pp. 372–385, May 1995.
- [3] P. Ekman and W. V. Friesen, *Pictures of Facial Affect*. Consulting psychologists Press, 1976.
- [4] K. R. Scherer, "Vocal communication of emotion: A review of research paradigms," *Speech Communication*, vol. 40, no. 1, pp. 227–256, Apr. 2003.
- [5] M. Simón, E. Sarasua, B. Gamecho, E. Larraza-Mendiluze, and N. Garay-Vitoria, "DAFIESKU: A System for Acquiring Mobile Physiological Data," *Mobile Information Systems*, 2017. [Online]. Available: <https://www.hindawi.com/journals/misy/2017/7261958/>. [Accessed: 15-Mar-2019].
- [6] N. Malandrakis, A. Potamianos, E. Iosif, and S. Narayanan, "Distributional Semantic Models for Affective Text Analysis," *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, vol. 21, no. 11, pp. 2379–2392, Nov. 2013.
- [7] I. Lefter, G. J. Burghouts, and L. J. M. Rothkrantz, "Recognizing Stress Using Semantics and Modulation of Speech and Gestures," *IEEE Transactions on Affective Computing*, vol. 7, no. 2, pp. 162–175, Apr. 2016.
- [8] A. Ortiz, "Avatares para la interacción emocional," <http://purl.org/dc/dcmitype/Text>, Universidad del País Vasco - Euskal Herriko Unibertsitatea, 2008.



- [9] F. Burkhardt, A. Paeschke, M. Rolfes, W. Sendlmeier, and B. Weiss, "A Database of German Emotional Speech," in *INTERSPEECH 2005*, 2005, pp. 1517–1520.
- [10] N. C. Ebner, M. Riediger, and U. Lindenberger, "FACES—A database of facial expressions in young, middle-aged, and older women and men: Development and validation," *Behavior Research Methods*, vol. 42, no. 1, pp. 351–362, Feb. 2010.
- [11] C.-N. Anagnostopoulos, T. Iliou, and I. Giannoukos, "Features and classifiers for emotion recognition from speech: a survey from 2000 to 2011," *Artif Intell Rev*, vol. 43, no. 2, pp. 155–177, Feb. 2015.
- [12] J. M. López, I. Cearreta, N. Garay-Vitoria, K. López de Ipiña, and A. Beristain, "A Methodological Approach for Building Multimodal Acted Affective Databases," in *Engineering the User Interface: From Research to Practice*, M. Redondo, C. Bravo, and M. Ortega, Eds. London: Springer London, 2009, pp. 1–17.
- [13] P. Ekman, "An argument for basic emotions," *Cognition and Emotion*, vol. 6, no. 3–4, pp. 169–200, May 1992.
- [14] A. Rodríguez et al., "Modelización acústica de la expresión emocional en el español," *Procesamiento del Lenguaje Natural*, vol. 25, 1999.
- [15] E. Navas, I. Hernández, A. Castelruiz, and I. Luengo, "Obtaining and Evaluating an Emotional Database for Prosody Modelling in Standard Basque," in *Text, Speech and Dialogue*, 2004, pp. 393–400.
- [16] G. Costantini, I. Iadarola, A. Paoloni, and M. Todisco, "EMOVO Corpus: an Italian Emotional Speech Database," in *LREC 2014*, 2014, pp. 3501–3504.
- [17] O. Martin, I. Kotsia, B. Macq, and I. Pitas, "The eNTERFACE' 05 Audio-Visual Emotion Database," in *22nd International Conference on Data Engineering Workshops (ICDEW'06)*, 2006, pp. 8–8.
- [18] S. R. Livingstone and F. A. Russo, "The Ryerson Audio-Visual Database of Emotional Speech and Song (RAVDESS): A dynamic, multimodal set of facial and vocal expressions in North American English," *PLOS ONE*, vol. 13, no. 5, p. e0196391, May 2018.
- [19] P. Lucey, J. F. Cohn, T. Kanade, J. Saragih, Z. Ambadar, and I. Matthews, "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*, 2010, pp. 94–101.
- [20] M. Lyons, S. Akamatsu, M. Kamachi, and J. Gyoba, "Coding facial expressions with Gabor wavelets," in *Proceedings Third IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, 1998, pp. 200–205.
- [21] I. Sneddon, M. McRorie, G. McKeown, and J. Hanratty, "The Belfast Induced Natural Emotion Database," *IEEE Transactions on Affective Computing*, vol. 3, no. 1, pp. 32–41, Jan. 2012.
- [22] G. I. Roisman, J. L. Tsai, and K.-H. S. Chiang, "The emotional integration of childhood experience: physiological, facial expressive, and self-reported emotional response during the adult attachment interview," *Dev Psychol*, vol. 40, no. 5, pp. 776–789, Sep. 2004.
- [23] E. Douglas-Cowie, N. Campbell, R. Cowie, and P. Roach, "Emotional speech: Towards a new generation of databases," *Speech Communication*, vol. 40, no. 1, pp. 33–60, Apr. 2003.
- [24] C. Busso and S. S. Narayanan, "Interrelation Between Speech and Facial Gestures in Emotional Utterances: A Single Subject Study," *IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing*, vol. 15, no. 8, pp. 2331–2347, Nov. 2007.
- [25] M. Goudbeek and K. Scherer, "Beyond arousal: valence and potency/control cues in the vocal expression of emotion," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 128, no. 3, pp. 1322–1336, Sep. 2010.
- [26] D. Ververidis and C. Kotropoulos, "Emotional Speech Classification Using Gaussian Mixture Models and the Sequential Floating Forward Selection Algorithm," in *2005 IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, 2005, pp. 1500–1503.
- [27] M. T. Shami and M. S. Kamel, "Segment-based approach to the recognition of emotions in speech," in *2005 IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, 2005, pp. 4 pp.-.
- [28] T. L. Nwe, S. W. Foo, and L. C. De Silva, "Speech emotion recognition using hidden Markov models," *Speech Communication*, vol. 41, no. 4, pp. 603–623, Nov. 2003.
- [29] M. A. Sayette, J. F. Cohn, J. M. Wertz, M. A. Perrott, and D. J. Parrott, "A Psychometric Evaluation of the Facial Action Coding System for Assessing Spontaneous Expression," *Journal of Nonverbal Behavior*, vol. 25, no. 3, pp. 167–185, Sep. 2001.
- [30] I. H. Witten, E. Frank, M. A. Hall, and C. J. Pal, *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*. Morgan Kaufmann, 2016.
- [31] J. M. López, I. Cearreta, I. Fajardo, and N. Garay, "Validating a Multilingual and Multimodal Affective Database," in *Usability and Internationalization. Global and Local User Interfaces*, 2007, pp. 422–431.
- [32] F. Eyben et al., "The Geneva Minimalistic Acoustic Parameter Set (GeMAPS) for Voice Research and Affective Computing," *IEEE Transactions on Affective Computing*, vol. 7, no. 2, pp. 190–202, Apr. 2016.
- [33] F. Eyben, F. Wengler, F. Gross, and B. Schuller, "Recent Developments in openSMILE, the Munich Open-source Multimedia Feature Extractor," in *Proceedings of the 21st ACM International Conference on Multimedia*, New York, NY, USA, 2013, pp. 835–838.
- [34] W. V. Friesen and P. Ekman, "EMFACS-7: Emotional Facial Action Coding System." Unpublished, 1983.
- [35] B. Amos, B. Ludwiczuk, and M. Satyanarayanan, "OpenFace: A general-purpose face recognition library with mobile applications," *CMU School of Computer Science*, CMU-CS-16-118, 2016.
- [36] B. Cestnik, "Estimating Probabilities: A Crucial Task in Machine Learning," in *Proceedings of the 9th European Conference on Artificial Intelligence*, London, UK, UK, 1990, pp. 147–149.
- [37] N. Friedman, D. Geiger, and M. Goldszmidt, "Bayesian Network Classifiers," *Machine Learning*, vol. 29, no. 2, pp. 131–163, Nov. 1997.
- [38] S. O. Haykin, *Neural Networks and Learning Machines*, Edición: 3. New York: Pearson, 2008.
- [39] D. A. Freedman, *Statistical Models 2nd Edition Paperback: Theory and Practice*, Edición: 2. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2009.
- [40] F. Rosenblatt, *Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms*. Spartan Books, 1962.
- [41] D. Meyer, F. Leisch, and K. Hornik, "The support vector machine under test," *Neurocomputing*, vol. 55, no. 1, pp. 169–186, Sep. 2003.
- [42] D. W. Aha, D. Kibler, and M. K. Albert, "Instance-based learning algorithms," *Mach Learn*, vol. 6, no. 1, pp. 37–66, Jan. 1991.
- [43] J. G. Cleary and L. E. Trigg, "K\*: An Instance-based Learner Using an Entropic Distance Measure," in *Machine Learning Proceedings 1995*, A. Prieditis and S. Russell, Eds. San Francisco (CA): Morgan Kaufmann, 1995, pp. 108–114.
- [44] W. W. Cohen, "Fast Effective Rule Induction," in *Machine Learning Proceedings 1995*, A. Prieditis and S. Russell, Eds. San Francisco (CA): Morgan Kaufmann, 1995, pp. 115–123.
- [45] R. C. Holte, "Very Simple Classification Rules Perform Well on Most Commonly Used Datasets," *Machine Learning*, vol. 11, no. 1, pp. 63–90, Apr. 1993.
- [46] G. Hulten, L. Spencer, and P. Domingos, "Mining Time-changing Data Streams," in *Proceedings of the Seventh ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, New York, NY, USA, 2001, pp. 97–106.
- [47] S. L. Salzberg, "C4.5: Programs for Machine Learning by J. Ross Quinlan. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1993," *Mach Learn*, vol. 16, no. 3, pp. 235–240, Sep. 1994.
- [48] L. Breiman, "Random Forests," *Machine Learning*, vol. 45, no. 1, pp. 5–32, Oct. 2001.
- [49] M. Hall, E. Frank, G. Holmes, B. Pfahringer, P. Reutemann, and I. H. Witten, "The WEKA Data Mining Software: An Update," *SIGKDD Explor. NewsL.*, vol. 11, no. 1, pp. 10–18, Nov. 2009.
- [50] M. Stone, "Cross-Validatory Choice and Assessment of Statistical Predictions," *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, vol. 36, no. 2, pp. 111–147, 1974.
- [51] A. Álvarez, B. Sierra, A. Arruti, J.-M. López-Gil, and N. Garay-Vitoria, "Classifier Subset Selection for the Stacked Generalization Method Applied to Emotion Recognition in Speech," *Sensors*, vol. 16, no. 1, p. 21, Jan. 2016.
- [52] H. Jung, S. Lee, J. Yim, S. Park, and J. Kim, "Joint Fine-Tuning in Deep Neural Networks for Facial Expression Recognition," in *2015 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 2015, pp. 2983–2991.
- [53] H.-W. Ng, V. D. Nguyen, V. Vonikakis, and S. Winkler, "Deep Learning for Emotion Recognition on Small Datasets Using Transfer Learning," in *Proceedings of the 2015 ACM on International Conference on Multimodal Interaction*, New York, NY, USA, 2015, pp. 443–449.

## Session 8B: Quality in Use (English)



Interacción 2019

2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain



**A method for analyzing the Quality-in-Use in collaborative contexts**

Sergio Salomón García, Rafael Duque, Jose L. Montaña and Luis Tenés.

**Abstract:** Quality-in-use is a concept that establishes a direct relationship between the effects of the user interaction and the context in which the system is used. Groupware systems enable collaborative contexts in which users interact between them to achieve a common goal. Therefore, the evaluation of the quality-in-use of groupware systems can involve an analysis of the social dimension of the context and an assessment of the collaborative interactions between the users. This article proposes a method to analyze the interaction and collaboration supported by groupware with the goal of inferring models of the user's behaviors and to calculate a set of metrics that assesses the collaborative dimension of the quality-in-use evaluation. We describe a case study that puts the method in action to analyze the quality-in-use of a groupware application for smartphones that supports collaborative betting.

Notes/Notas:



**Towards a model for implicit evaluation in the wild on a large scale**

Dino Babahmetovic and Cristina Manresa-Yee.

**Abstract:** Evaluation is an essential activity in HCI. Once a product is released, it may be of interest to continue its evaluation in an implicit and in the wild fashion on a large scale. In addition to data logs which can offer a view of the usage of the system, attitudinal data (e.g. satisfaction, emotional reaction) also contribute to understand the user's complete interaction. Compiling these data is a challenge when performing it implicitly and in the wild. This work proposes an approach to evaluate interactive systems with a large number of users (in the large), in real conditions (in the wild) and implicitly - without the users being aware that they are participating in the evaluation of the system.

Notes/Notas:

## Keynote Speech: “Measuring User Experiences: Retrospect and Prospect” by Prof. Effie L.-C. Law

Effie Lai-Chong Law is a full professor in Human-Computer Interaction, Department of Informatics, University of Leicester, UK. Her main research focus is Usability and User Experience (UX) methodologies which are applicable to various domains, including technology-enhanced learning, games and gamification, health and wellbeing. Effie has chaired two COST Actions – MAUSE focusing on usability and TwinTide on UX - and played a leading role in other European and



national research projects to which she has contributed her HCI expertise. Her recent work is on the measurability and theoretical frameworks of UX and automatic multisensory emotion detection.

In this talk I will revisit the definitional problem of User Experience (UX), which was explored through a survey about a decade ago and since then has captured quite a number of responses in the HCI community. Meanwhile, several attempts have been undertaken to resolve this problem, but a universal definition of UX is

yet to be identified. Nonetheless, it is intriguing to derive insights from these re-searches for the UX definition to shed light onto the issue of measurability of UX, which I will also analyse from the methodological perspective. Specifically, I will discuss the increasing use of psycho-physiological measurement (e.g. galvanic skin response, heart rate) to evaluate emotional experience as a critical aspect of UX. This resonates with the burgeoning topic on automatic emotion recognition, thanks to the recent advances of machine learning methods. I will present some examples of my recent research work on automatic voice emotion recognition and draw implications for wellbeing research.





**Doctoral Colloquium**



Interacción 2019

2019 June, Donostia-San Sebastián, Spain





**Procesos de codiseño en la adaptabilidad tecnológica para personas con movilidad reducida**

Christian Quintero.

**Abstract:** La investigación tiene como establecer un marco de trabajo interdisciplinario mediado por el codiseño para la adaptación de tecnologías de apoyo para personas con movilidad reducida hacia la actividad laboral. Esto permite buscar el fortalecimiento de las capacidades en actividades laborales para brindar aspectos de accesibilidad. Por otra parte, el área del diseño se establecen estrategias para mejorar procesos de participación de la persona mediante un codiseño, esto permite vincular sus experiencias y vivencias hacia un empoderamiento en las tecnologías de apoyo. Esto permite formular la investigación como un estudio de caso único, desde la selección de la especificidad en la discapacidad en movilidad reducida o discapacidad física. Así mismo, esta propuesta plantea establecer un marco de trabajo interdisciplinario mediado por el codiseño para la adaptación de tecnologías de apoyo para personas con movilidad reducida hacia la actividad laboral.

Notes/Notas:



# Procesos de codiseño en la adaptabilidad tecnológica para personas con movilidad reducida

Christian Quintero

Doctorado en Diseño y Creación - Universidad de Caldas

Manizales, Colombia

christian.23617122013@ucaldas.edu.co

## ABSTRACT

La investigación tiene como establecer un marco de trabajo interdisciplinario mediado por el codiseño para la adaptación de tecnologías de apoyo para personas con movilidad reducida hacia la actividad laboral. Esto permite buscar el fortalecimiento de las capacidades en actividades laborales para brindar aspectos de accesibilidad. Por otra parte, el área del diseño se establecen estrategias para mejorar procesos de participación de la persona mediante un codiseño, esto permite vincular sus experiencias y vivencias hacia un empoderamiento en las tecnologías de apoyo. Esto permite formular la investigación como un estudio de caso único, desde la selección de la especificidad en la discapacidad en movilidad reducida o discapacidad física. Así mismo, esta propuesta plantea establecer un marco de trabajo interdisciplinario mediado por el codiseño para la adaptación de tecnologías de apoyo para personas con movilidad reducida hacia la actividad laboral.

## CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing** → **Accessibility technologies**; • **Social and professional topics** → **People with disabilities**.

## KEYWORDS

codiseño, diseño contextual, accesibilidad, tecnología de apoyo, personas con discapacidad

## 1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En una perspectiva global, se observa que existen problemas importantes en el diseño y desarrollo de tecnologías de apoyo, donde una de las principales causas es su abandono, o el no uso de estas. De forma similar ocurre con estudios realizados en Estados Unidos y en Italia evidencian que las tecnologías de apoyo han sido abandonados, identificando como principales causas los elementos socioculturales, experiencia de vida y significado personal, lo que demuestra un conflicto entre los usuarios y la tecnología. Así mismo, se ha identificado que las personas perciben una imposición de las tecnologías de apoyo, que no se ha considerado su conocimiento y experiencia [2, 4].

En Colombia las investigaciones enfocadas en el desarrollo de tecnologías de apoyo en movilidad reducida son basadas en dos aspectos, el primero como la limitación en las extremidades inferiores causados por un trauma raquimedular, es decir, la afectación en la columna vertebral que afecta parcial o permanentemente las extremidades inferiores, además, la recolección de datos se realizó en Cali con una población de 45 personas, las cuales presentan algunos de sus resultados las principales limitaciones para esta población son: la participación en educación profesional con un 83% y el acceso a un trabajo remunerado con el 73%. El segundo aspecto, la movilidad reducida en miembros superiores causada por lesiones cerebrales con una población de 26 personas, la principal dificultad en el desarrollo de sus actividades fue la comprensión y comunicación con un 54%, adicionalmente, el acceso laboral con un 35%. Por otra parte, indican que el desarrollo de soluciones en tecnologías de apoyo no involucra enfoques interdisciplinarios. En efecto esta característica se debe tener en cuenta para dar una solución adecuada [1].

## 2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo establecer procesos de codiseño multidisciplinar para la adaptabilidad tecnológica de sistemas computacionales operados por personas con movilidad reducida en contextos laborales?

## 3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación se desarrollará en cuatro momentos mediante un diseño longitudinal panel, este permite identificar los participantes específicamente con movilidad reducida, así mismo, estos son vinculados en todos los momentos en la recolección de datos.

Momento 1: se divide en dos fases. La primera en un proceso de caracterización de la persona con movilidad reducida en la ejecución de tareas hacia objetivos controlados. Esto permite observar el desempeño de forma física y mental; la segunda fase se realizará una valoración de las funciones motoras de la persona movilidad reducida por medio de un profesional en el área médica, esto permitirá describir el nivel de restricción de movimiento. Además, estos datos podrán compararse con las actividades desarrolladas en la fase anterior.

Momento 2: se aborda un enfoque o concepto de diseño participativo que permita identificar variables problemáticas desde el grupo de diseño, mediante diferentes perspectivas profesionales. Esto permitirá un diálogo interdisciplinario de los posibles problemas hacia la selección más relevante mediado por el investigador facilitador. Por otra parte, los instrumentos como prototipos generativos y caja de herramientas permitirán el diálogo de saberes en el grupo de diseño.

Momento 3: luego de establecer una variable problemática única, el grupo de diseño deberá establecer la solución más efectiva mediada por la tecnología, esta permitirá dar soporte a las necesidades del usuario, por medio una estrategia en diálogo y consenso en la toma de decisiones.

Momento 4: los diferentes escenarios donde la tecnología de apoyo podrá dar soporte a las necesidades identificadas y la solución planteada, permitirá establecer posibles escenarios para el diálogo en el grupo de diseño. Es decir, se establecerá un proceso de codiseño para el desarrollo de una proyección del producto o servicio tecnológico.

#### 4 ENFOQUE PROPUESTO

El método codiseño refiere a involucrar a los usuarios en un grado de participación completa en las diferentes etapas como la ideación, el proceso de diseño y la evaluación. Por medio de un diseño conjunto para combinar la experiencia de vida con la experiencia profesional en la identificación e ideación de una propuesta hacia una solución eficiente. Estos procesos de participación los participantes son críticos a través del diálogo y toma de decisiones, de igual manera, los expertos en su campo disciplinar. Además, los usuarios finales son vinculados a participar, estos son respetados como socios iguales que comparten experiencia en el diseño de productos y servicios [3].

La técnica por sonda cultural para la interpretación e ideación problemática se basa en la recolección de datos, por medio de un paquete de artículos y tareas. En este proyecto presenta una estructura mediante una matriz de observación donde el grupo de diseño puede establecer un diálogo no verbalizado, estos paquetes tienen como meta proporcionar una perspectiva individual y posteriormente un complemento del grupo para refinar los criterios de observación [5].

#### 5 RESULTADOS PRELIMINARES

El principal aspecto es la caracterización de la actividad profesional en la realización de actividades para una posible acción laboral. Por medio de una actividad controlada se describen los intereses de observación del grupo de diseño, en el desarrollo de tareas hacia unos objetivos propuestos por el participante-usuario. Estas acciones permiten detallar la operabilidad de la persona en uso de recursos (físicos, software y otros controles). Así mismo, las posibles relaciones entre componentes y operaciones dan un criterio por el grupo de

diseño interdisciplinar de forma individual, por medio de la observación y la descripción verbalizada en el desarrollo de la actividad. Desde una perspectiva inicial se resalta la técnica involucrada y el desempeño físico en el movimiento y uso de controles.

Por otra parte, los criterios de observación planteados por el grupo de diseño desde un componente interdisciplinar, permite la adaptación al protocolo del instrumento, con el fin de dar un mejor detalle a los posibles aspectos problemáticos en la identificación y caracterización de la situación presentada por la actividad.

#### AGRADECIMIENTOS

Este proceso de formación doctoral es financiado por la Universidad Militar Nueva Granada a través de la comisión de estudios.

#### REFERENCES

- [1] Ricardo Chavarriaga, Maria N. Hurtado, Marcela Bolaos, Jose A. Loaiza, Juan M. Mayor, Manuel Valencia, and Jaime Aguilar-Zambrano. 2014. Multidisciplinary design of suitable assistive technologies for motor disabilities in Colombia. In *IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC 2014)*. IEEE, 386–391. <https://doi.org/10.1109/GHTC.2014.6970310>
- [2] Stefano Federici, Fabio Meloni, and Simone Borsci. 2016. The abandonment of assistive technology in Italy: a survey of National Health Service users. *European journal of physical and rehabilitation medicine* 52, 4 (2016), 516–526.
- [3] Chisholm John. 2015. What is co-design? | Design for Europe. <http://designforeurope.eu/what-co-design>
- [4] Betsy Phillips and Hongxin Zhao. 1993. Predictors of Assistive Technology Abandonment. *Assistive Technology* 5, 1 (1993), 36–45. <https://doi.org/10.1080/10400435.1993.10132205>
- [5] Elizabeth B.N. Sanders and Pieter Jan Stappers. 2014. Probes, toolkits and prototypes: Three approaches to making in codesigning. *CoDesign* 10, 1 (2014), 5–14. <https://doi.org/10.1080/15710882.2014.888183> arXiv:1808.04926



**5th Workshop on EnGendering Technologies**





**The Female Effect: The case of gender parity on user studies**

Maria Francesca Roig-Maimó and Ramon Mas-Sansó.

**Abstract:** A key aspect when designing experiments is the subjects' selection. Many experiments fail to select a gender-balanced set of subjects and there is often a lower proportion of females. In fact, a significant ratio of papers that include user studies don't even mention the gender distribution. Probably, this is due to the low ratio of females in engineering student's population that normally is used in HCI user studies. In this paper we show that a biased selection of subjects can lead to incorrect results when we rely on users to validate a system addressed to general public. We designed two experiments to obtain a benchmark value of throughput of a head-tracker for mobile devices and we selected a gender-balanced population. To assess the validity of our claim we choose gender as the primary independent variable of a between-subjects study design. We found that gender has a direct impact on throughput; therefore, a gender-unbalanced set of subjects is a threat to the external validity of the results obtained.

Notes/Notas:





**Trends in studies developed in Europe focused on the gender gap in STEM**

Alicia García-Holgado, Sonia Verdugo-Castro, M<sup>a</sup> Cruz Sánchez Gómez and Francisco José García-Peñalvo.

**Abstract:** Nowadays, the gender gap in Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) is a global problem that is tackled from different points of view in order to reduce it. This gap covers all ages and contexts, from education - primary school to university level - to the labour market. In the last decades, a large number of initiatives have emerged to work actively in promoting gender equality in STEM. Also, from an I+D point of view, in the European context, several projects focused on the gender gap and diversity in STEM have been funded through different programmes. In order to get an overview of the European context, a systematic mapping study of projects related to the gender gap in STEM was conducted in CORDIS, Erasmus+ and KEEP databases. A total number of 435 projects were analysed, and 31 projects were selected to get the overview. The paper describes the methodology used to conduct the analysis, an adaptation of techniques from the systematic literature review and systematic mapping reviews usually used for scientific papers. Finally, the results from the mapping review are described.

Notes/Notas:

**Are there any gender differences in students' emotional reactions to programming learning activities?**

Mayela Coto and Sonia Mora.

**Abstract:** Novice programmers experience a wide set of emotions when they are learning to program. This exploratory study analyzes the emotions experienced by a group of students when solving diverse programming tasks. The goal was to understand if there are gender differences in the emotions reported by the students. A self-report tool to track emotions was used. The results show that, regardless of the type of learning activity, there is a tendency for women to attribute themselves negative emotions to a greater extent, which happens to be the opposite with men. It is concluded that further research is needed to understand the factors that cause these differences.

Notes/Notas:



**Strategies to help Computer Science students develop sensitivity towards the gender gap**

Sara Román.

**Abstract:** This work presents some strategies implemented as part of the official syllabus of an Ethics, Legislation and Profession course for Computer Science students at Universidad Complutense de Madrid, designed to deal with gender issues. This paper presents the goals included in the gender gap concept, as well as the methodology followed to tackle the issue together with references to the materials used. Results are presented which point that male students in this field are initially unaware of the gender gap problem, but that the strategies presented here help to awaken interest towards the topic, that is expressed in a willingness to take action.

Notes/Notas:

**The experimental investigation of the influence of gender in enjoyment, ease of use, satisfaction, and usefulness during interaction in gaming environment**

Abid Jamil, Dr. Nadeem Faisal, Muhammad Asif Habib, Sohail Jabbar and Haseeb Ahmad.

**Abstract:** User Experience (UX) deals with the user's emotions and all the aspects of the end user's interaction with the system. It plays a vital role in enhancing user satisfaction by improving usability. Similarly, the effective user interface of the gaming environment can be designed by considering aspects of UX. The primary objective of this study is to find out the influence of gender in the emotional aspects of usability in the gaming environment. In this research, we consider four emotional measures including enjoyment, ease of use, usefulness, and satisfaction. The gaming prototype followed by the questionnaire on Likert scale was devised to investigate the influence of gender. The 1002 participants which includes 591 (59%) males and 411 (41%) females from different academic venues were participated for experimentation. The data was analyzed through the commonly used statistical method ANOVA. It is observed that significant difference in enjoyment, ease of use, and satisfaction were found between males and females. However, no significant differences were found in usefulness between males and females. This study may pave new research directions to explore the impact of these factors in multiple different contexts.

Notes/Notas:



## Keynote Speech by Sara Alvarellos



Sara is Architect, social innovator by vocation and specialist in strategic project management. She is a Fab Academy graduate from the Fab Foundation and MIT CBA and

has a Master's Degree in Project Management from the EAE Business School. She is the founder of Makespace Madrid, a non-profit organization that opened the first Fablab in Madrid in 2013; and co-founder of Mujeres Tech, an association for the promotion of women in the field of science and technology. With an experience of more than 7 years leading strategic projects designing products and services to improve the lives of people through technology, for the public and private sector; Today she leads innovation consultancy and digital transformation projects in everis. Contact:

<https://twitter.com/saraalvarellos>

**Sex with robots: Analyzing the gender and ethics approaches in design**

Carina Gonzalez-González, Rosa M. Gil-Iranzo and Patricia Paderewski.

**Abstract:** In this paper, we describe the state of art in the sex robots (sexbots), focused on the gender and ethics approaches. A relevant improvement has been made in the development of sexbots in the last years. New designs arise everyday as new ways of interaction. We explore the main design approaches and type of interactions in sexbots. Also, a gender analysis is provided. The concern for ethics is also addressed in a short-term and long-term. Different considerations for the ethics design of sexbots are presented.

Notes/Notas:



**Mecanismos para identificar las emociones en los cursos iniciales de programación: ¿Qué prefieren las mujeres?**

Beatriz Grass, Mayela Coto, Cesar Collazos and Patricia Paderewski.

**Abstract:** Se ha determinado que los cursos de programación iniciales generan en los estudiantes diversas emociones que son relevantes para determinar el éxito o fracaso de los estudiantes. Prevenir el fracaso de los estudiantes en estos cursos es de relevancia mundial y cobra especial importancia en el caso de las mujeres, debido a la muy baja participación de estas en las carreras de informática o afines. Este estudio exploratorio parte de tres mecanismos diferentes para la identificación de las emociones mientras los estudiantes aprenden a programar e indaga, mediante un cuestionario, con cuál de ellos las mujeres se sienten más cómodas e identificadas.

Notes/Notas:

# Mecanismos para identificar las emociones en los cursos iniciales de programación: ¿qué prefieren las mujeres?

Beatriz Grass  
Universidad de San Buenaventura  
Colombia  
beagrass@gmail.com

Mayela Coto  
Universidad Nacional de Costa Rica  
Costa Rica  
mayela.coto.chotto@una.cr

Cesar Collazos  
Universidad del Cauca  
Colombia  
ccollazo@unicauca.edu.co

Patricia Paderewski  
Universidad de Granada  
España  
patricia@ugr.es

## ABSTRACT

Se ha determinado que los cursos de programación iniciales generan en los estudiantes diversas emociones que son relevantes para determinar el éxito o fracaso de los estudiantes. Prevenir el fracaso de los estudiantes en estos cursos es de relevancia mundial y cobra especial importancia en el caso de las mujeres, debido a la muy baja participación de estas en las carreras de informática o afines.

Este estudio exploratorio parte de tres mecanismos diferentes para la identificación de las emociones mientras los estudiantes aprenden a programar e indaga, mediante un cuestionario, con cuál de ellos las mujeres se sienten más cómodas e identificadas.

## CCS CONCEPTS

• Evaluación • Emociones académicas • Cursos Iniciales de Programación • Mujeres • Género

## KEYWORDS

Evaluación, medición de emociones, emociones académicas, cursos de programación, programación y género, género en la programación.

## 1 INTRODUCCIÓN

Los cursos iniciales de programación han sido identificados como cursos con altos índices de reprobación [1]. Estos cursos son fundamentales para establecer las bases de la programación para los cursos posteriores de las carreras afines a la informática. Es por esta razón, que se han propuesto diferentes mecanismos para mejorar los desempeños de los estudiantes, de tal manera que se puedan convocar mayor cantidad de estudiantes en estas profesiones, que están ávidas de profesionales que se desempeñen en diferentes roles, todos estos, requiriendo habilidades importantes de programación [2]. Así, por ejemplo, los investigadores han puesto mucho esfuerzo en los estudios sobre el éxito de los estudiantes que han experimentado dificultades en los

cursos de CS1 (a menudo, para ayudar a explicar los fenómenos de retención/abandono) [3].

Un área que ha sido poco explorada es el reconocimiento de que estos cursos iniciales generan importantes emociones en los estudiantes novatos (mientras escriben código, cuando se enfrentan a un código que no compila, o cuando finalmente logran que el programa produzca lo esperado), y que dichas emociones producen un impacto en el uso que los estudiantes hacen de los recursos cognitivos durante el aprendizaje, en la auto-regulación del aprendizaje y en la resolución de problemas. Los investigadores en general coinciden en que se debe reconocer la relevancia de las respuestas emocionales de los estudiantes ante las diversas situaciones de aprendizaje, de tal manera que se cree un ambiente de aprendizaje donde las emociones sean identificadas apropiadamente y los estudiantes aprendan a manejarlas en lugar de renunciar a sus estudios [4].

Estas emociones, en contextos académicos, pueden agruparse en dos grandes grupos: emociones positivas, tales como, alivio, flow (disfrute), esperanza, orgullo; y otro grupo de emociones negativas, tales como, enojo, ansiedad, vergüenza, desesperanza, aburrimiento, frustración y confusión. Estos grupos de emociones pueden influir para el éxito de manera positiva o negativa [5] [6] [7].

Es así, como se proponen diferentes mecanismos para identificar las emociones [8] [9] [10] [11]: auto informes (es el estudiante el que reporta la emoción sentida); mecanismos fisiológicos (sensores temperatura, respiración, pulso, actividad cerebral); identificación del comportamiento (expresiones faciales, dilatación de la pupila, posición corporal), entre otros.

Por otro lado, la participación de las mujeres en las carreras de informática y afines, se ha consolidado como un problema a estudiar desde diferentes disciplinas, teniendo en cuenta la baja participación de las mismas en estas carreras [REF], que la industria reconoce los aportes que hacen las mujeres [12] y que en general, las mujeres se sienten en desventaja para emprender estas carreras y aportar a la ciencia desde la computación [13] [14] [15].

El objetivo de este artículo es explorar con cuáles mecanismos de detección de emociones se sienten más cómodas las mujeres. Para lograrlo, primeramente, se identificaron estudios previos asociados con la identificación de emociones en estudiantes novatos de



programación que consideraran el factor de género en su análisis. Una vez seleccionados y analizados los artículos, se les presentó a un grupo de 51 estudiantes mujeres los distintos mecanismos utilizados en dichos artículos, y posteriormente se les pasó un cuestionario para que indicaran con cuáles mecanismos se sentirían más cómodas.

## 2. MECANISMOS DE IDENTIFICACIÓN DE EMOCIONES EN CONTEXTOS DE LOS CURSOS DE PROGRAMACIÓN

Se llevó a cabo una revisión de publicaciones relacionadas con las emociones en contextos de aprendizaje de la programación y se detectaron diferentes mecanismos que usan los investigadores para identificar estados afectivos en los estudiantes mientras aprenden a programar. Para efectos de este artículo, se seleccionaron tres artículos (Tabla 1) que utilizan diferentes tecnologías, dispositivos e instrumentos en la detección de emociones y que consideran el aspecto de género en su análisis.

**Tabla 1. Artículos revisados en el presente análisis**

Artículo - Autor	Año de Publicación	Método de Detección de las Emociones	Resultados
“Towards the Development of Intelligent Agent for Novice C/C++ Programmers through Affective Analysis of Event Logs,” S. I. Felipe, K. I. N. Gutierrez, E. C. M. Quiros, and L. A. Ve	2012	Detección de estados afectivos, a partir de videos (web Cam), que se clasifican a través de algoritmos de clasificación y usando Minería de Datos	Este estudio se centró en el análisis de dos de las emociones del grupo de emociones negativas en contextos académicos (confusión y aburrimiento). Los resultados de este experimento realizado con seis estudiantes (4 hombres y 2 mujeres) no muestran diferenciación en los análisis entre hombres y mujeres.
“It’s written on Your face: Detecting	2014	Videos y auto-reportes de	En este estudio se percibe, a pesar

States from Facial Expressions”. N. Bosch, Y. Chen, and S. D’mello,		expresiones faciales para detectar estados afectivos	de la rigurosidad de los algoritmos implementados para la clasificación de los estados afectivos a partir de gestos faciales, una incertidumbre alta, de tal manera que sólo se identifica confiabilidad en la agrupación de gestos para las emociones de frustración y confusión. El análisis de las emociones no encuentra diferencias entre las emociones o las frecuencias percibidas de estas emociones entre hombres y mujeres.
“Introducción y Programming: Learning to Program: Gender Differences and Interactive Effects of Students’ A. Lishinski, A. Yadav, J. Good, and R. Enbody	2016	Los auto-reportes como mecanismo de detección de emociones	El autoreporte utilizado es el Cuestionario de Estrategias Motivadas para el Aprendizaje (MSLQ). En el estudio se aplicó el instrumento para medir variables relacionadas con la auto-eficacia en términos de su motivación para afrontar su estudio en los cursos iniciales

			de programación. En este artículo se identifica que una auto-eficacia fruto de los análisis de sus desempeños, mejoran la motivación para continuar en las carreras de Computación y afines.
--	--	--	--

### 3. Las mujeres opinan sobre los instrumentos identificados

Con el fin de explorar los mecanismos con los que las mujeres puedan sentirse más cómodas al momento de reportar sus emociones, se realizó en la Universidad de San Buenaventura un cuestionario a 51 estudiantes (Tabla 2) de los cursos de Introducción a la Programación, de los periodos académicos 2018-1, 2018-2, 2019-1.

**Tabla 2. Edades de las participantes en el cuestionario**

Rango de edad	Cantidad de estudiantes
Entre 16 y 18 años	37
Entre 19 y 22 años	13
Mayores de 22	1

A estas estudiantes se les presentaron los mecanismos de detección de emociones utilizados en los estudios de la Tabla 1, con el objetivo de darles a conocer las posibilidades de detectar sus emociones durante las clases de programación. Posteriormente, se les aplicó un cuestionario con 9 preguntas abiertas (Tabla 3).

**Tabla 3. Instrumento aplicado a las estudiantes en relación con la percepción de los mecanismos de detección de las emociones**

1. ¿Cuál de los tres mecanismos de detección de emociones le parece más confiable (que arroje los resultados más cercanos a la realidad)? ¿Por qué?
2. ¿Cuál de los tres mecanismos de detección de emociones le gustaría que usaran con usted como parte de los estudiantes evaluados? ¿Por qué?
3. ¿En relación a la detección de emociones usando las interacciones con el computador mientras se escriben programas, qué elementos positivos identifica?
4. ¿En relación a la detección de emociones usando las interacciones con el computador mientras se escriben programas, qué elementos negativos identifica?
5. En el estudio relacionado con la detección de emociones usando gestos faciales, ¿qué elementos positivos identifica?
6. En el estudio relacionado con la detección de emociones usando gestos faciales, ¿qué elementos negativos identifica?
7. En el estudio presentado que se relaciona con los auto-reportes (test), ¿qué elementos positivos identifica?
8. En el estudio presentado que se relaciona con los auto-reportes (test), ¿qué elementos negativos identifica?
9. Considera importantes las emociones académicas para el aprendizaje de los temas de fundamentos de programación?

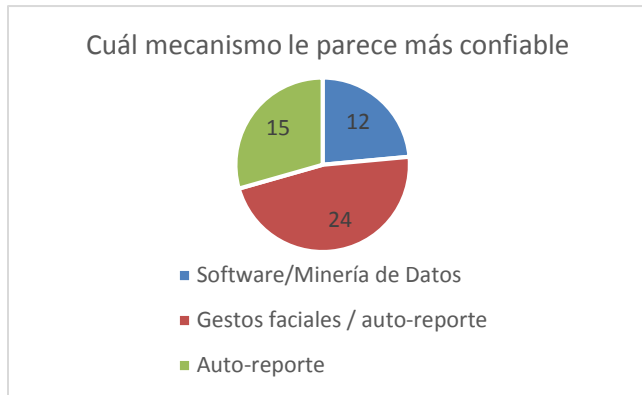
### 4. RESULTADOS

En la siguiente sección se presentan los resultados obtenidos en el cuestionario. Para su análisis las respuestas de las estudiantes fueron agrupadas en diversas categorías que emergieron de los mismos datos.

Pregunta #1: ¿Cuál de los tres mecanismos de detección de emociones le parece más confiable (que arroje los resultados más cercanos a la realidad)? ¿Por qué?

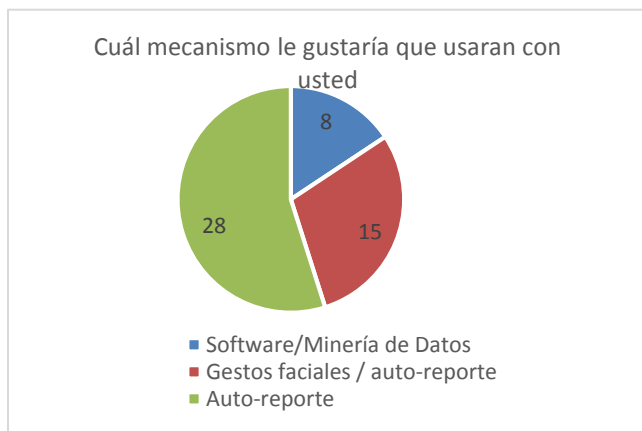
Como se muestra en la Figura 1, un 47% de las estudiantes consideran que el contar con un dispositivo electrónico que permita identificar los gestos faciales asociados con las emociones académicas, puede proporcionar una mayor confiabilidad en el momento de detectar las emociones o estados afectivos. Un 23% considera que los dispositivos (hardware o software), contribuyen al análisis de las emociones, y un 30% considera que los auto-reportes son

instrumentos suficientemente confiables para el reporte de las emociones.



**Figura 1. Distribución de respuestas a Pregunta 1**

Pregunta #2: ¿Cuál de los tres mecanismos de detección de emociones le gustaría que usaran con usted como parte de los estudiantes evaluados? ¿Por qué?

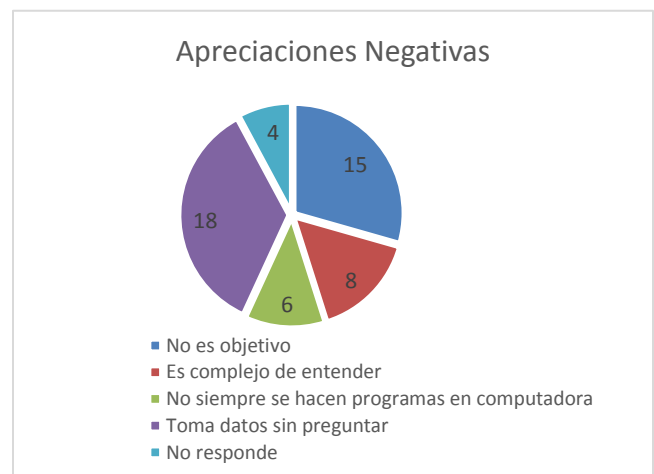
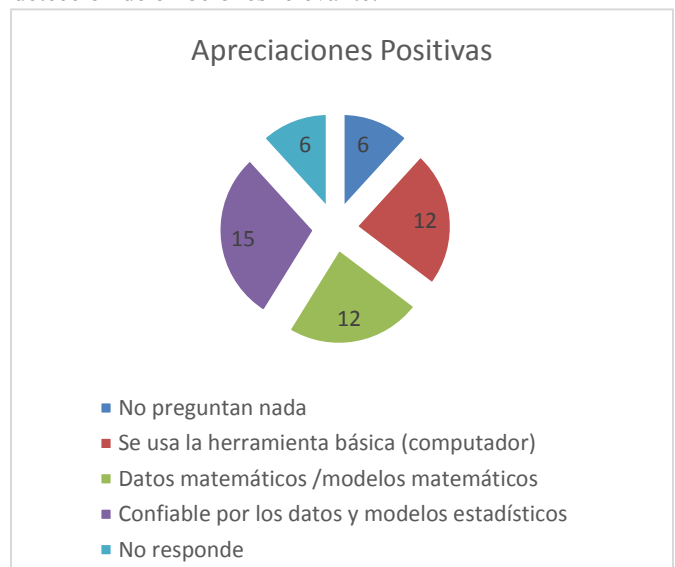


**Figura 2. Distribución de respuestas a pregunta 2**

El 54,9% de la población de las estudiantes encuestadas manifiestan mayor comodidad si no hay nada más “expiando” sus emociones, el auto-reporte sería suficiente para que ellas puedan exponer y manifestar las emociones que sienten, mientras aprenden a programar. Así mismo, el 29,4% del total de las estudiantes encuestadas, consideran una opción interesante el mecanismo de detección de emociones, con apoyo de la detección de los gestos faciales, sin embargo las estudiantes consideran que el auto-reporte es suficiente para permitir al profesor obtener la información necesaria para dar los giros necesarios que mantengan la atención y la motivación adecuada que les permita a los estudiantes alcanzar sus logros académicos.

Preguntas #3 y #4: ¿En relación con la detección de emociones usando las interacciones con el computador mientras se escriben programas, qué elementos positivos identifica?, ¿qué elementos negativos identifica?

Con relación a la percepción de los elementos positivos del mecanismo de detección de emociones a partir de la interacción del estudiante con el computador, mientras escriben programas, el 29,4% de las estudiantes encuestadas, manifiestan que es positivo porque es un mecanismo confiable por los modelos estadísticos que lo soportan. Otro porcentaje importante del 23,5% de las estudiantes manifiestan que el uso de la Web Cam puede hacer la detección de emociones, más fácil de realizar; otro 23,5% manifiesta que el modelo matemático y entrenamiento de WEKA a través de algoritmos con una fuerte base matemática es un factor positivo como mecanismo de detección de emociones relevante.



**Figura 3 – Aspectos positivos y negativos del mecanismo de detección de emociones usando las interacciones con el computador mientras se escriben programas.**

En relación a los elementos negativos, el 35,3% de las estudiantes encuestadas, considera negativo el mecanismo de detección a través de la interacción del estudiante con la computadora mientras escribe programas, porque toma datos o información en relación a las emociones sin que el estudiante lo perciba, sintiéndose invadido en su privacidad, además de considerarlo no objetivo. El 29,4% de las estudiantes, no está de acuerdo en la relación que se establece entre la aparición de espacios en blanco en la escritura del programa y el aburrimiento. Ellas consideran que, en estos intervalos, los estudiantes pueden estar pensando en una solución al problema planteado.

Preguntas #5 y #6: En el estudio relacionado con la detección de emociones usando gestos faciales, ¿qué elementos positivos identifica?, ¿qué elementos negativos identifica?,

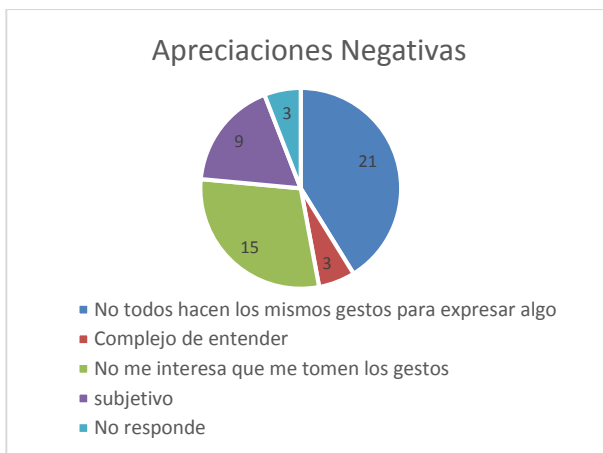
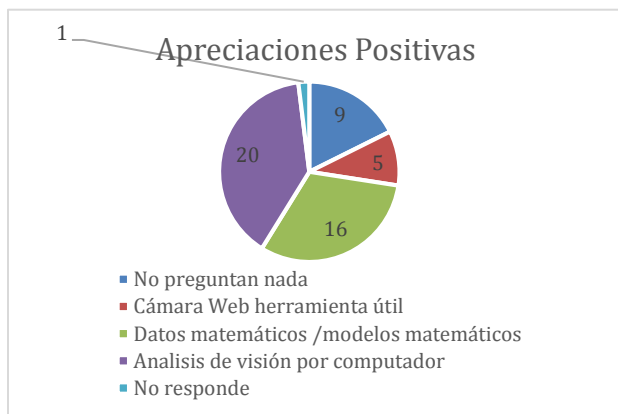


Figura 4. Aspectos positivos y negativos del mecanismo de detección de emociones usando videos que identifican gestos faciales y se apoya en auto-reporte

Con respecto a los elementos positivos en el mecanismo de detección de emociones usando videos que identifican gestos faciales, complementado con auto-reporte, el 39,2% de las estudiantes consideran que el análisis que se realiza a través de visión por computador es un mecanismo confiable y moderno. Adicionalmente el 31,4% de las estudiantes encuestadas consideran que es un mecanismo en que pueden confiar, teniendo en cuenta que los modelos matemáticos que se usan para el análisis de visión por computador, mejoran la asertividad del mecanismo.

Sin embargo, las estudiantes consideran en un 41,2% que es un mecanismo negativo porque no todos los estudiantes realizan los mismos gestos para realizar alguna emoción. El 29,4% manifiestan no estar interesadas en que se realicen tomas de sus gestos, mientras aprenden a programar.

Preguntas #7 y #8: En el estudio presentado que se relaciona con los auto-reportes (test), ¿qué elementos positivos identifica?, ¿qué elementos negativos identifica?

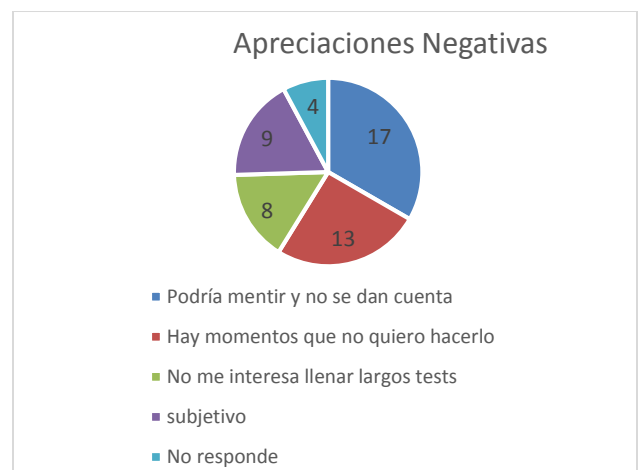
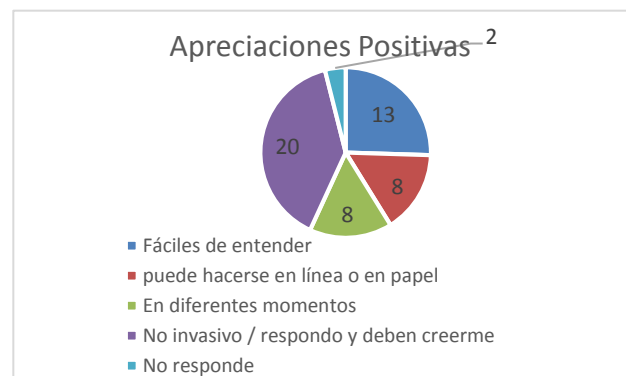


Figura 5 – Aspectos positivos y negativos del mecanismo de detección de emociones a través del mecanismo de auto-reporte

El 39,1% de las estudiantes consideran positivo este mecanismo de detección de emociones, porque lo consideran no invasivo a su privacidad, lo responde de manera privada, un porcentaje importante del 25,5% lo consideran un mecanismo fácil de entender y que permite que se escojan instrumentos que aumentan o disminuyen el nivel de complejidad y de tiempo que se requiere para completarlo.

Por otro lado, el 25,5% de las estudiantes consideran que hay momentos en que no quieren realizar un test de demasiadas preguntas, y otro 33,3% de las estudiantes creen que podrían mentir en el test y no se darían cuenta, porque queda a la buena voluntad del estudiante el responder o no a conciencia el instrumento.

Pregunta #9: ¿Considera importantes las emociones académicas para el aprendizaje de los temas de fundamentos de programación?

Un 98% de las estudiantes consideran que deben tenerse en cuenta las emociones, cuando se quiere aprender a programar. Las emociones generan en los estudiantes, en general, un sinnúmero de emociones que podrían permitir que fluya su proceso de aprendizaje, o por el contrario, que existan muchas razones para abandonar, desertar e incluso girar hacia una opción diferente de profesión que no implique cursos relacionados con la programación.

## 5. CONCLUSIÓN

En la revisión de las investigaciones realizadas de evaluación de emociones en contextos de la enseñanza de la programación, se identifican los auto-reportes como los más utilizados, incluso, se usan para soportar otros mecanismos usados, tales son los casos de [16], [17].

Los auto-reportes se convierten en una herramienta de alta relevancia para contribuir a evaluar emociones de manera no-invasiva; esto es, consultando al evaluado a través de un test, qué estado afectivo experimentó en ciertas circunstancias [1]. Existen diversos instrumentos de auto-reportes, uno de ellos es el Achievement Emotions Questionnaire (AEQ), el cual es un instrumento de autoinforme multidimensional diseñado para evaluar las emociones de logro de los estudiantes en contextos de educación universitaria. Este cuestionario no invasivo, se constituye una herramienta susceptible de ser usado en las mujeres, que podrían expresar sus emociones sin temores de sentirse vulneradas o analizadas en mayores proporciones de lo que podrían permitir. Se basa en un programa de investigación cuantitativa y cualitativa que examinó las

emociones que los estudiantes experimentaban en situaciones de logros académicos [18].

El AEQ consta de tres secciones, que pueden utilizarse independientemente: una sección evalúa las emociones relacionadas con las clases, otra sección evalúa las emociones respecto a los aprendizajes en general y una tercera sección considera las emociones que surgen en relación con las pruebas o exámenes. Dentro de cada sección, los elementos se ordenan en tres bloques que evalúan las experiencias emocionales antes, durante y después de las mediciones de logros.

El cuestionario PANAS, que debe su nombre a la forma en que está estructurado el instrumento (Positive and Negative Affect Schedule), propuesto por [19], [20]. Permite la aplicación de un instrumento más simple y que implica menor tiempo en responderlo, de tal manera que podría intuirse que se responde con mayor concentración y conciencia. Otro cuestionario viable por su simplicidad es la versión corta del Epistemically-Related Emotion Scales (EES) desarrollado por [21]. Este instrumento mide siete emociones principales (sorpresa, curiosidad, entusiasmo, confusión, ansiedad, frustración y aburrimiento) que se producen durante la actividad epistémica y que se cree son de importancia primordial para el aprendizaje y la generación de conocimiento. Cada emoción es medida mediante una escala likert para valorar la intensidad con la que se genera la emoción. El gran atractivo que presenta este instrumento es que considera las emociones que se han identificado como de mayor impacto en el aprendizaje de la programación [22] [23].

De acuerdo con los resultados obtenidos con el cuestionario, los auto-reportes son considerados menos invasivos para los estudiantes en términos generales. En general, las mujeres por sus habilidades comunicativas y sociales, tienen mayor facilidad para transmitir sus estados afectivos [24], esta puede ser una de las razones por las que demuestren una preferencia hacia este tipo de mecanismo.

En resumen, en comparación con los métodos alternativos, como la interacción con los computadores al programar, la detección de emociones a través de gestos faciales, los auto-reportes son fácil de administrar, mínimamente invasivo y no causan interrupciones en el flujo de trabajo de los estudiantes. Esto es fundamental para identificar las emociones de una manera rápida y fácil, de lo contrario, es poco probable que los estudiantes estén dispuestos a informar sus emociones en repetidos momentos del curso.

Estos resultados, a pesar de que son preliminares, son importantes ya que el objetivo último de la identificación de las emociones es proponer estrategias que permitan mantener a las estudiantes motivadas durante el desarrollo de las diferentes actividades diseñadas para el abordaje de los diferentes temas propios de estos cursos, y para que esto sea posible es imprescindible que se sientan cómodas y abiertas a expresar las emociones que experimentan cuando están aprendiendo a programar.

## REFERENCES

- [1] N. Bosch, S. D. Mello, and C. Mills, "What Emotions Do Novices Experience during Their First Computer Programming Learning Session?," *Proc. AIED 2013 Artif. Intell. Educ.*, vol. 7926, pp. 11–20, 2013.
- [2] N. Bosch and S. D'Mello, "It takes two: Momentary co-occurrence of affective states during computerized learning," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 8474 LNCS, pp. 638–639, 2014.
- [3] I. Mirjana, P. Zoran, S. Anja, and B. Zoran, "The IT Gender Gap: Experience, Motivation and Differences in Undergraduate Studies of Computer Science," *Turkish Online J. Distance Educ.*, vol. 12, no. 2, pp. 170–177, 2011.
- [4] S. E. Grady, K. M. Vest, and T. J. Todd, "Student attitudes toward the use of games to promote learning in the large classroom setting," *Curr. Pharm. Teach. Learn.*, vol. 5, no. 4, pp. 263–268, 2013.
- [5] R. Pekrun, T. Goetz, W. Titz, and R. P. Perry, "Academic Emotions in Students' Self-Regulated Learning and Achievement: A Program of Qualitative and Quantitative Research," *Educ. Psychol.*, vol. 37, no. 2, pp. 91–105, 2002.
- [6] T. Mainhard, S. Oudman, L. Hornstra, R. J. Bosker, and T. Goetz, "Student emotions in class: The relative importance of teachers and their interpersonal relations with students," *Learn. Instr.*, vol. 53, 2018.
- [7] J. W. You and M. Kang, "The role of academic emotions in the relationship between perceived academic control and self-regulated learning in online learning," *Comput. Educ.*, vol. 77, pp. 125–133, 2014.
- [8] N. Bosch, Y. Chen, and S. D'mello, "It's written on Your face: Detecting States from Facial Expressions," *Proc. 12th Int. Conf. Intell. Tutoring Syst.*, pp. 39–44, 2014.
- [9] S. I. Felipe, K. I. N. Gutierrez, E. C. M. Quiros, and L. A. Veá, "Towards the Development of Intelligent Agent for Novice C/C++ Programmers through Affective Analysis of Event Logs," vol. 1, p. 822, 2012.
- [10] E. F. Iepsen, M. Bercht, and E. Reategui, "Detection and assistance to students who show frustration in learning of algorithms," *Proc. - Front. Educ. Conf. FIE*, pp. 1183–1189, 2013.
- [11] J. M. Garcia-Garcia, V. M. R. Penichet, and M. D. Lozano, "Emotion detection," in *Proceedings of the XVIII International Conference on Human Computer Interaction - Interacción '17*, 2017.
- [12] B. E. G. Ramírez, C. A. Collazos, and C. S. González, "Gender differences in computing programs: Colombian case study," *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 4–6, 2016.
- [13] S. Beyer, M. Dekeuster, K. Walter, M. Colar, C. Holcomb, and W. Road, "Changes in CS Students' Attitudes Towards CS over Time: An Examination of Gender Differences," pp. 392–396, 2005.
- [14] I. Wagner, "Gender and Performance in Computer Science," *ACM Trans. Comput. Educ.*, vol. 16, no. 3, 2016.
- [15] J. Ochwa-Echel, "Exploring the Gender Gap in Computer Science Education in Uganda," *Int. J. Gend.*, vol. 3, no. 2, pp. 273–292, 2011.
- [16] E. Astrolabio, "EMOCIONES ACADÉMICAS : ¿ EL ESLABÓN PERDIDO DEL PLAN DE ESTUDIOS?," pp. 94–107, 2015.
- [17] C. Mega, L. Ronconi, and R. De Beni, "What makes a good student? How emotions, self-regulated learning, and motivation contribute to academic Achievement," *J. Educ. Psychol.*, vol. 106, no. 1, 2014.
- [18] J. Good, J. Rimmer, E. Harris, and M. Balaam, "Self-Reporting Emotional Experiences in Computing Lab Sessions: An Emotional Regulation Perspective," *Proc. 23rd Annual Psychology Programming Interest Group Conference*, no. December 2014, 2011.
- [19] D. F. Shell, M. P. Hazley, L. K. Soh, E. Ingraham, and S. Ramsay, "Associations of students' creativity, motivation, and self-regulation with learning and achievement in college computer science courses," *Proc. - Front. Educ. Conf. FIE*, pp. 1637–1643, 2013.
- [20] H. Lachmann, S. Ponzer, U.-B. Johansson, L. Benson, and K. Karlgren, "Capturing students' learning experiences and academic emotions at an interprofessional training ward," *J. Interprof. Care*, vol. 27, no. 2, pp. 137–145, 2013.

- [21] R. Pekrun, E. Vogl, K. R. Muis, and G. M. Sinatra, "Measuring emotions during epistemic activities: the Epistemically-Related Emotion Scales," *Cogn. Emot.*, 2017.
- [22] R. Baker, S. K. D'Mello, M. T. Rodrigo, and A. C. Graesser, "Better to be frustrated than bored: The incidence and persistence of affect during interactions with three different computer-based learning environments," *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, 2010.
- [23] S. D'Mello, B. Lehman, R. Pekrun, and A. Graesser, "Confusion can be beneficial for learning," *Learn. Instr.*, 2014.
- [24] S. Rosas, "The Achievement Emotions Questionnaire-Argentine ( AEQ-AR ): internal and external validity , reliability , gender differences and norm-referenced interpretation of test scores Development and adaptation of instruments to measure test anxiety has been con," *Revista Evaluar Vol 15 No 1*, vol. 15, pp. 41–74, 2015.

**Género y roles de equipo en interacciones colaborativas: Un análisis preliminar**

Rosanna Costaguta, Daniela Missio and Pablo Santana-Mansilla.

**Abstract:** Este artículo presenta una investigación realizada para descubrir una caracterización del comportamiento de los estudiantes que integran pequeños grupos colaborativos en ambientes de e-learning, respecto a género y roles de equipo. Tal caracterización se realizó mediante el análisis de contenido de las interacciones generadas durante la dinámica de trabajo en foros desarrollados por estudiantes avanzados de Informática. Los resultados indican que en grupos mixtos el género de los estudiantes no impacta en el nivel de participación, ni en el porcentaje de aparición de los distintos roles de equipo. Al mismo tiempo, se observa cierta preferencia en la manifestación de determinados roles de equipo entre estudiantes de sexo femenino y masculino. El trabajo realizado aporta información relevante para que los docentes puedan desarrollar estrategias que potencien las aptitudes de los estudiantes de Informática hacia el trabajo colaborativo en foros de e-learning, y también información útil para el futuro diseño de interfaces en entornos colaborativos dedicados al monitoreo de roles de equipo.

Notes/Notas:





# Género y Roles de Equipo en Interacciones Colaborativas: Un Análisis Preliminar

Rosanna Costaguta  
Instituto de Investigación en  
Informática y Sistemas de Información  
Facultad de Ciencias Exactas y  
Tecnologías (FCEyT)  
Universidad Nacional de Santiago del  
Estero (UNSE)  
Argentina  
rosanna@unse.edu.ar

Daniela Missio  
Instituto de Investigación en  
Informática y Sistemas de Información  
Facultad de Ciencias Exactas y  
Tecnologías (FCEyT)  
Universidad Nacional de Santiago del  
Estero (UNSE)  
Argentina  
daniela\_mmi@yahoo.com.ar

Pablo Santana-Mansilla  
Instituto de Investigación en  
Informática y Sistemas de Información  
Facultad de Ciencias Exactas y  
Tecnologías (FCEyT)  
Universidad Nacional de Santiago del  
Estero (UNSE)  
Argentina  
pablosantana85@gmail.com

## RESUMEN

Este artículo presenta una caracterización inicial del comportamiento de estudiantes en pequeños grupos de aprendizaje colaborativo soportado por computadora, con base en la consideración de género y roles de equipo. Para esto se efectuó el análisis de contenido de las interacciones almacenadas en diferentes foros desarrollados por grupos de estudiantes avanzados de Informática. Los resultados muestran que en grupos mixtos el género de los estudiantes no condiciona el nivel de participación, ni la aparición de los diferentes roles de equipo. Al mismo tiempo, según el género, se observa cierta preferencia en la manifestación de determinados roles de equipo. El trabajo realizado aporta indicios útiles para que los docentes desarrollen estrategias que tiendan a potenciar las aptitudes de los estudiantes de Informática hacia el trabajo colaborativo en foros, y brinda información inicial relevante para direccionar investigaciones dedicadas al diseño de interfaces en entornos colaborativos.

## PALABRAS CLAVE

Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora, Roles de Equipo, Género, Interacciones Colaborativas, Foros.

## 1 INTRODUCCION

Indudablemente no puede construirse aprendizaje colaborativo sin la existencia de interacciones entre los estudiantes involucrados en la actividad colaborativa, y tales interacciones dependen en gran medida de los roles de equipo que los estudiantes desenvuelvan.

Dentro de un grupo, los roles se traducen en conductas que contribuyen a que sus integrantes puedan trabajar juntos y funcionar de la mejor manera posible mientras desarrollan las tareas. Estas conductas se observan, por ejemplo, cuando los integrantes del grupo piden ayuda, bromean, muestran su acuerdo o desacuerdo, clarifican alguna idea, solicitan orientación o información, etc. Esta situación también se presenta en el contexto del e-learning, específicamente en el contexto del Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora (ACSC).

En un ambiente de ACSC los estudiantes se organizan en grupos y trabajan juntos para la consecución de un objetivo de aprendizaje común, mientras utilizan la computadora como medio

de comunicación, colaboración y coordinación. En estos ambientes los estudiantes disponen de un abanico de herramientas tecnológicas síncronas y asíncronas que rompen sus limitaciones espacio-temporales y favorecen a las ya mencionadas comunicación, colaboración y coordinación.

Uno de los tópicos del ACSC que presenta actualmente varios interrogantes en estudio es el análisis de las interacciones. Fundamentalmente los trabajos se han orientado a identificar y explorar los métodos de análisis, así como los factores que afectan la eficacia y el éxito del aprendizaje colaborativo en los grupos. Sin embargo, no se encontraron trabajos que brinden una caracterización del comportamiento de los estudiantes respecto al género y los roles de equipo que se manifiestan, siendo éste el objetivo principal de la presente investigación.

Este artículo está organizado de la siguiente manera. La sección 2 presenta la clasificación de roles de equipo considerada en esta investigación. La sección 3 detalla la experimentación realizada y los resultados obtenidos. Finalmente, en la sección 4 se discuten los resultados y se enuncian algunas conclusiones, limitaciones y posibles trabajos futuros.

## 2 ROLES DE EQUIPO

Un rol de equipo se define como la tendencia de un individuo a comportarse, contribuir e interrelacionarse con otros de una determinada manera dentro de un grupo [2]. Cabe aclarar que si bien la manifestación de los roles no es estática dentro de los integrantes de un equipo, existe cierta predisposición personal para desenvolver con mayor facilidad algunos de estos. En general cada persona tiene 2 o 3 roles en los que se siente más cómoda, algunos otros que podría cubrir si fuese necesario y otros que preferiría no tener que adoptar. Debido a esto se diferencia entre roles naturales y evitados [4]. Resulta evidente que las personas que trabajan en tareas que son de su agrado lo hacen de mejor manera que aquellas que trabajan en actividades en las que no se sienten a gusto. Por ejemplo, para quien leer y resumir textos es placentero solicitarle que realice mapas conceptuales quizás le genere malestar, por el contrario hacerle el mismo pedido a quien le gusta diseñar este tipo de gráficos puede producir efectos positivos (mejorar el tiempo de ejecución, rendimiento eficiente, mayor calidad en el producto, etc.). Así, permitir que cada

integrante realice su trabajo, en la etapa o situación en la que se sienta a gusto, ejecutando las tareas que naturalmente le resultan más sencillas de llevar a cabo, propiciará que se realicen los mejores esfuerzos para alcanzar los objetivos grupales [8].

Rol	Descripción	Puntos débiles
Cerebro	Creativo, imaginativo, poco ortodoxo. Resuelve problemas difíciles.	Suele dispersarse o distraerse. Trata de imponerse.
Coordinador	Maduro, seguro de sí mismo. Aclara las metas a alcanzar. Promueve la toma de decisiones. Delega bien.	Suele delegar demasiado en sus compañeros de equipo.
Monitor-Evaluador	Serio, perspicaz y estratega. Percibe todas las opciones. Juzga con exactitud.	Carece de habilidad para motivar a otros.
Implementador	Disciplinado, leal, conservador y eficiente. Transforma las ideas en acciones.	Suele ser poco flexible y resistirse a nuevas ideas.
Finalizador	Esmerado, concienzudo, ansioso. Busca los errores y las omisiones. Realiza las tareas en el plazo establecido.	Tiende a concentrarse demasiado en detalles.
Investigador de Recursos	Extrovertido, entusiasta, comunicativo. Busca nuevas oportunidades. Desarrolla contactos.	Tiende a perder en interés inicial desmotivándose en el proceso.
Impulsor	Retador, dinámico, trabaja bien bajo presión. Tiene iniciativa y coraje para superar los obstáculos.	Tiende a impacientarse y descalificar a otros.
Cohesionador	Cooperador, apacible, perceptivo y diplomático. Escucha e impide los enfrentamientos.	Suelen tomarse indecisos en los momentos cruciales.
Especialista	Sólo le interesa una cosa a un tiempo. Aporta cualidades y conocimientos específicos.	Suelen contribuir solo cuando se tratan temas específicos.

Tabla 1. Roles de equipo

En los grupos de ACSC los estudiantes se comprometen desde su saber trabajando juntos, se relacionan y expresan para alcanzar un objetivo común, pudiéndose determinar por la forma de comportarse un cierto y determinado rol. Según la teoría desarrollada por Belbin [3], existen nueve roles que al ser manifestados por los integrantes de un grupo impactan en la efectividad del trabajo, esos roles son: Cerebro, Coordinador, Monitor/Evaluador, Implementador, Finalizador, Investigador de recursos, Impulsor, Cohesionador y Especialista. Cada uno de ellos presenta características distintivas, y también puntos débiles

o comportamientos eventuales que no resultan adecuados y perjudican el desempeño grupal (Tabla 1). Así, por ejemplo, un estudiante manifestando el rol Cerebro podría tratar de imponer sus ideas entorpeciendo la dinámica de colaboración. Un estudiante Impulsor que continuamente descalifica las contribuciones de sus compañeros, o un estudiante Implementador que inflexiblemente rechaza las nuevas ideas o propuestas de solución de sus compañeros, son claros ejemplos de roles que no se están desarrollando adecuadamente.

Por otra parte, según Belbin [2], estos nueve roles pueden subdividirse en:

- Roles sociales: desempeñados por quienes favorecen la cohesión, coordinación y contacto del grupo con el exterior. A este tipo corresponden los roles: Coordinador, Investigador de recursos y Cohesionador.
- Roles mentales: desempeñados por quienes tienen la experiencia y los conocimientos necesarios, y la visión crítica y la creatividad para hacer una tarea. A este tipo corresponden los roles: Cerebro, Monitor-Evaluador y Especialista.
- Roles de acción: desempeñados por quienes se ocupan de ejecutar las ideas, es decir, de llevar a cabo y finalizar la tarea. A este tipo corresponden los roles: Implementador, Finalizador e Impulsor.

Los roles de equipo son manifestados por los integrantes de forma espontánea durante la dinámica de trabajo del grupo. Para alcanzar una meta la aparición de varios roles diferentes resulta esencial [8], estos posibilitan hacer el trabajo y mantener al grupo como una unidad cohesiva. Sin embargo, como ya se mencionó existen roles que se evitan o rechazan, por lo que el logro de las metas grupales se torna más difícil o menos seguro. Esta es una problemática común en la dinámica de trabajo grupal cualquiera sea el tipo de grupo que se trate.

### 3 EXPERIMENTACIÓN y RESULTADOS

Este estudio se realizó explorando las interacciones producidas por estudiantes universitarios dedicados a resolver un problema de forma colaborativa. Específicamente se trabajó con 13 pequeños grupos colaborativos en los que participaron treinta y seis estudiantes de ambos sexos, en el marco de las asignaturas Base de Datos e Inteligencia Artificial del ciclo superior de la carrera Licenciatura en Sistemas de Información, perteneciente a la Universidad Nacional de Santiago del Estero. Todos los grupos utilizaron el foro de un entorno de ACSC. A elección del profesor el entorno pudo ser Moodle o SEACUNSE (<http://fce.unse.edu.ar/seacunse/ProjectChatDB/>). El plazo temporal en el que cada grupo realizó la actividad diseñada por el profesor fue de dos semanas.

Los estudiantes se eligieron al azar para constituir los trece grupos experimentales, resultando conformados 8 grupos mixtos y 5 grupos integrados sólo por estudiantes varones. En los grupos mixtos participaron veintidós estudiantes, once mujeres y once varones, que conformaron cuatro grupos de tres integrantes, tres grupos de dos y un grupo de cuatro. En los grupos de varones participaron catorce estudiantes que conformaron cuatro grupos de tres integrantes y un grupo de dos. La totalidad de los grupos

constituidos entra en la categoría de grupo pequeño (small group), es decir entre 3 y 5 integrantes, dimensión aconsejada para los grupos de ACSC [1, 5, 6].

Sobre el total de 1.007 interacciones registradas durante la dinámica de trabajo de los trece grupos se aplicó una técnica de análisis de contenido siguiendo el planteamiento metodológico de Krippendorff [7]. En este proceso de análisis dos psicopedagogos con experiencia en e-learning y ACSC asignaron un rol de equipo perteneciente a la teoría de Belbin a cada interacción (unidad de análisis). Para garantizar que los resultados del análisis de contenido puedan ser replicados, es preciso asegurar que ningún ruido o influencia extraña haya tenido influencia en el proceso y contaminado los datos. Para esto se requiere el cálculo de fiabilidad [7]. En la presente investigación, el cálculo de fiabilidad se hizo bajo la condición test-test, ya que los psicopedagogos trabajaron de manera independiente aplicando el mismo conjunto de instrucciones (descripción de los roles de equipo) sobre las mismas unidades de análisis (conjunto de interacciones recopiladas). El cálculo del índice de fiabilidad  $\alpha$  en la condición test-test indica el grado en el cual un proceso de análisis de contenido puede ser replicado por analistas diferentes trabajando en condiciones diversas, en diferentes localizaciones, o usando instrumentos de medición distintos, pero funcionalmente equivalentes.

El nivel de acuerdo entre los dos psicopedagogos para el reconocimiento de los roles de equipo de Belbin [1] en las 1.007 unidades de análisis quedó indicado en el índice  $\alpha = 0.92$ . Si bien el valor obtenido fue superior a 0.80, valor recomendado por Krippendorff para aceptar los resultados de un estudio de análisis de contenido como fiables, no fue igual a 1, y ello indica que existieron unidades de análisis donde los psicopedagogos no coincidieron en el rol de equipo asignado. Para resolver estas discrepancias se decidió eliminar las 117 unidades de análisis donde se presentaban los desacuerdos, por consiguiente, el conjunto de datos quedó constituido por 890 unidades de análisis.

En particular, el total de interacciones analizadas se logró mediante 595 interacciones provenientes de los grupos mixtos y 295 generadas por los grupos integrados por estudiantes de sexo masculino. En el caso de los grupos mixtos, 272 interacciones fueron manifestadas por estudiantes mujeres y 326 por estudiantes varones. A modo de ejemplo se muestra, en Tabla 2, la cantidad de interacciones manifestadas por los integrantes de uno de los grupos mixtos discriminando los totales por tipo de rol reconocido.

Sobre las interacciones analizadas se calculó la distribución de los roles de equipo manifestados. Para ello se consideraron los grupos mixtos por un lado y los grupos integrados por estudiantes de sexo masculino por otro. Los resultados correspondientes al procesamiento de las 595 interacciones de los grupos mixtos se muestran en la Tabla 3. En dicha tabla pueden apreciarse en la fila 2 los porcentajes de aparición de cada uno de los roles considerando los totales contabilizados por rol que se indican en la fila 1, y en las filas 3 y 4 se muestran los porcentajes calculados teniendo en cuenta el género de los integrantes además del rol reconocido. Por ejemplo, para el rol Coordinador, se encontraron

sesenta y ocho interacciones que representan el 11,40 % del total de contribuciones recopiladas. De éstas un 57,35 % fueron manifestadas por estudiantes de sexo masculino (M) y un 42,65 % por estudiantes de sexo femenino (F).

Grupo 4	Coordinador	Finalizador	Impulsor	Inv. de recursos	Cerebro	Especialista	Cohesionador	Monitor-Evaluador	Implementador
Pablo	3	4	3	0	0	47	0	6	0
Brenda	3	1	4	1	0	16	0	3	0
Alicia	13	8	12	1	0	34	7	25	7
Nahuel	9	7	10	1	0	32	8	29	4

Tabla 2. Manifestaciones de roles en uno de los grupos mixtos

Género	Coordinador	Finalizador	Impulsor	Inv. de recursos	Cerebro	Especialista	Cohesionador	Monitor-evaluador	Implementador
# (595)	68	58	52	7	5	196	36	150	26
% (100)	11,40	9,70	8,75	1,20	0,85	32,95	6,05	24,70	4,40
M (54 %)	57,35	51,75	55,80	57,00	0,00	43,00	39,00	37,00	65,00
F (46 %)	42,65	48,25	44,20	43,00	100	57,00	61,00	63,00	35,00

Tabla 3. Distribución de roles según género en grupos mixtos

La Tabla 4 muestra los resultados calculados mediante el procesamiento de las 295 interacciones generadas en los grupos integrados sólo por estudiantes varones. En este caso, por ejemplo, para el rol Monitor-Evaluador se reconocieron 66 muestras que equivalen al 22,40 % del total de interacciones analizadas.

Interacciones	Coordinador	Finalizador	Impulsor	Inv. de recursos	Cerebro	Especialista	Cohesionador	Monitor-Evaluador	Implementador
# 295	19	16	13	1	3	152	7	66	18
100 %	6,45	5,40	4,40	0,35	1	51,50	2,40	22,40	6,10

Tabla 4. Distribución de roles en grupos de sexo masculino

#### 4 DISCUSIÓN y CONCLUSIONES

La recopilación de las contribuciones realizadas por los integrantes de los 13 grupos colaborativos de estudiantes universitarios en foros, y su posterior análisis de contenido y codificación a nivel de rol de equipo, permitió generar un conjunto de 890 interacciones para análisis. El cálculo de resultados se realizó diferenciando las interacciones producidas por grupos mixtos de las generadas por grupos integrados sólo por estudiantes de sexo masculino. Así se obtuvieron 595 y 295 interacciones respectivamente.

Considerando las contribuciones analizadas en los grupos mixtos, constituidos por igual cantidad de varones y mujeres, puede afirmarse que la cantidad de interacciones generadas por ambos sexos es prácticamente similar. Así lo muestra la Tabla 3 con 54 % de interacciones contabilizadas para estudiantes varones (fila M) y 46 % para estudiantes mujeres (fila F). Esto parecería indicar que el género no impacta en el nivel de participación de los integrantes de un grupo de ACSC.

Por otro lado, en los grupos mixtos se detectó la manifestación de los diferentes roles de equipo en distintas proporciones, aunque podrían destacarse los roles: Especialista (32,95 %), Monitor-Evaluador (24,70 %) y Coordinador (11,40 %) por ser los tres que presentan mayores porcentajes de aparición. Esta situación resulta similar a la detectada sobre los resultados obtenidos por los grupos de sexo masculino (Tabla 4). Para estos grupos también se reconoció la manifestación de los diferentes roles de equipo en distintas proporciones, y resultaron con mayores porcentajes de aparición los roles: Especialista (51,50 %), Monitor-Evaluador (22,40 %) y Coordinador (6,45 %). Esto parece indicar que existen ciertos roles dominantes en los grupos de ACSC y que dichos roles no dependen del género de los estudiantes involucrados.

Por lo expuesto, no se evidencia equilibrio en la manifestación de los roles de equipo en ambos tipos de grupo, siendo más frecuentes los roles mentales (Especialista y Monitor-Evaluador), frecuentes los roles sociales (Coordinador y Cohesionador), y menos frecuentes los de acción (Finalizador, Impulsor e Implementador). Con base en estos resultados, no parecería probable la falta de colaboración, cooperación, confianza y cohesión entre los miembros de los grupos (debido al porcentaje de aparición de los roles sociales), o la falta de conocimientos y visión crítica (debido al porcentaje de los roles mentales). Además, la aparición de los roles de acción indicarían que los grupos cuentan con la motivación, energía y eficacia necesarias para finalizar las tareas cumpliendo las condiciones y plazos requeridos. Sin embargo, podrían existir problemas en relación con la creatividad, ya que los roles Cerebro e Investigador de recursos presentan un bajo porcentaje de aparición. Esta situación parecería evidenciarse independientemente del género de los integrantes en grupos de ACSC.

No obstante, considerando particularmente los resultados de la Tabla 3, es posible identificar en los grupos mixtos determinados porcentajes de manifestación de los roles de equipo según el género de los estudiantes. Comparando los resultados entre estudiantes de ambos sexos, puede observarse que las mujeres tienden a desenvolverse manifestando los roles Implementador, Coordinador, Investigador de recursos, Impulsor y Finalizador, mientras que los estudiantes varones prefieren los roles Cerebro, Cohesionador, Monitor-Evaluador y Especialista. Esto parece indicar que existe cierta preferencia hacia determinados roles de equipo si se considera el género de los participantes en grupos mixtos de ACSC.

Este artículo presenta una caracterización del comportamiento que los estudiantes manifiestan mientras trabajan colaborativamente en foros de ACSC. Específicamente, para efectuar esta caracterización se consideraron tanto el género de los integrantes, como los roles de equipo que ellos manifestaron durante la dinámica de trabajo. La caracterización descubierta podría deberse a la estructura de los grupos, a las edades y nivel de conocimiento de sus integrantes, a las experiencias previas individuales en trabajos grupales, a las características de personalidad de los estudiantes, y/o a sus estilos de aprendizaje, entre otras posibilidades. El trabajo realizado constituye un primer paso en la generación de información útil para que los docentes desarrollen estrategias que tiendan a potenciar las aptitudes de los estudiantes de Informática hacia el trabajo colaborativo en foros. Además, brinda indicios relevantes para direccionar nuevas investigaciones dedicadas al diseño de interfaces en entornos colaborativos que consideren los roles de equipo. En el futuro se buscará evaluar si los resultados obtenidos cambian, por ejemplo, analizando grupos universitarios pertenecientes a otras ciencias, con integrantes de otras edades, de sexo femenino solamente, o con grado de avance académico diferente al estudiado, entre otras posibilidades.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue parcialmente financiado por el Proyecto de investigación “Mejorando escenarios de Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadoras” (CiCyT-UNSE Código 23/C138).

#### REFERENCIAS

- [1] Beebe, S., and Masterson, J. 2003. *Communicating in small groups*. Pearson Education Inc, USA.
- [2] Belbin, M. 2001. *Managing without Power*. Butterworth-Heinemann, Oxford.
- [3] Belbin, M. 1996. *Team Roles at Work* (2<sup>nd</sup>. edition). Butterworth-Heinemann, Oxford.
- [4] Belbin, M. 2010. *Management Teams: Why They Succeed or Fail* (3rd. Ed.). Butterworth-Heinemann, Oxford.
- [5] Csernica, J., Hanyka, M., Hyde, D., Shooter, S., Toole, M., and Vigeant, M..2002. *Practical guide to teamwork*. College of Engineering, Bucknell University
- [6] Davis, B. 1993. *Tools for Teaching*. Jossey-Bass Inc., San Francisco: California
- [7] Krippendorff, K. 2004. *Content Analysis: An Introduction to Its Methodology* (2nd. Ed.). SAGE Publications, USA.
- [8] Mumma, F. 2005. *Team-Works & Team-Roles. What makes your team tick?* HRDQ, Pensilvania.





# Interacción 2019



eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

