

## *CHICO 2019 (Computer – Human Interaction and Collaboration), UCLM*

**Manuel Ortega, Miguel Á. Redondo, Crescencio Bravo, Ana I. Molina, Carmen Lacave, Yoel Arroyo, Santiago Sánchez-Sobrinó, Óscar Navarro, Cristian X. Navarro, Jesús Gallardo, Demetrio Fuentes, Pedro P. Sánchez**

Escuela Superior de Informática  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Paseo Universidad, 4. 13071 Ciudad Real  
Manuel.Ortega@uclm.es

**Resumen:** El grupo CHICO de la Universidad de Castilla – La Mancha desarrolla su investigación en los campos de la Informática Educativa (*e-Learning*) y la Interacción Persona - Computador. Entre las líneas de interés del grupo se encuentran los sistemas colaborativos (CSCW y CSCL), la Computación Ubicua, la Usabilidad, el Análisis de la Interacción y la Generación Automática de Interfaces de Usuario.

**Palabras clave:** E-Learning, HCI, CSCW, CSCL, Computación Ubicua, Usabilidad, Análisis de la interacción, Generación automática de interfaces de usuario.

**Abstract:** The work of the CHICO Group from the University of Castilla – La Mancha is developed in e-Learning and Human - Computer Interaction research fields. The main research lines of the group are collaborative systems (CSCL and CSCW), Ubiquitous Computing, Usability, Interaction Analysis and the Automatic Generation of User Interfaces.

**Key words:** *E-Learning, HCI, CSCW, CSCL, Ubiquitous Computing, Usability, Interaction Analysis, Automatic generation of User Interfaces.*

### 1. Presentación

El grupo CHICO de la Universidad de Castilla – La Mancha comienza su trabajo en 1999, recogiendo la tradición del anterior grupo de investigación en Informática Educativa de la UCLM denominado GIE (Grupo de Informática Educativa) que desarrollaba su trabajo desde 1990.

En cuanto al personal adscrito al grupo puede consultarse en la web del grupo<sup>1</sup>.

Las líneas de trabajo del grupo CHICO en general son la Informática Educativa y la Interacción Persona – Computador y debido a ello han participado activamente en ADIE y AIPO como Asociaciones vertebradoras de ambas líneas de investigación.

Nuestro objetivo es el de aplicar nuevos métodos, técnicas, herramientas y procesos de Ingeniería Informática para el desarrollo científico y tecnológico de las siguientes áreas:

- L1. Aplicación de técnicas de Ingeniería del Software a desarrollo de sistemas de *e-Learning*
  - L1.1 Diseño de modelos computacionales en sistemas de aprendizaje
  - L1.2 Diseño y desarrollo de técnicas y sistemas software de soporte al aprendizaje en grupo
  - L1.3 Integración de ontologías, estándares y objetos de aprendizaje en sistemas de *eLearning*
- L2. Desarrollo y aplicación de técnicas de Ingeniería del Software en Interacción Persona-Computador

<sup>1</sup> <http://blog.uclm.es/grupochico/>

- L2.1 Diseño y especificación de interfaces de usuario cooperativos y colaborativos
- L2.2 Construcción de sistemas *groupware* independientes del dominio mediante aproximaciones de MDA y MDD
- L2.3 Diseño y especificación de modelos, métodos y herramientas computacionales para modelado y análisis de la colaboración
- L2.4 Diseño de la interacción mediante los paradigmas de computación móvil, ubicua y realidad aumentada
- L3. Aplicación de técnicas de seguimiento ocular
  - L3.1 Evaluación del comportamiento del usuario
  - L3.2 Evaluación de la Usabilidad de sistemas
  - L3.4 Evaluación de notaciones para modelado
  - L3.5 Interacción mediante reconocimiento de gestos
- L4. Expresión gráfica aplicada al Diseño y Arqueología Industrial.

Los sistemas desarrollados en realidad participan de las dos líneas de investigación y dentro del área de la Informática Educativa se engloban principalmente en las áreas de *Computer Supported Collaborative Learning* (CSCL), Computación Ubicua y Móvil aplicada a la Educación y/o en Inteligencia Artificial aplicada a la Educación.

Las tesis doctorales elaboradas en el grupo CHICO son las siguientes:

- “Marco de desarrollo basado en modelos de sistemas de aprendizaje colaborativo”. Doctorando: Yoel Arroyo Rodríguez-Peral. Directores: Ana Isabel Molina Díaz y Miguel Ángel Redondo Duque.
- “La tecnología del vapor aplicada en las Minas de Almadén. Desde su origen hasta el Consejo de Administración”. Doctorando: David Calderón Herrera. Directores: Demetrio Fuentes Ferrera y Luis Mansilla Plaza.
- “Pautas para el diseño de materiales educativos multimedia en Educación Primaria”. Doctorando: Óscar Navarro Martínez. Directores: Ana Isabel Molina Díaz y Miguel Lacruz Alcocer.
- “Framework para evaluar la usabilidad de sistemas *m-learning*: Un enfoque

tecnológico y pedagógico”. Doctorando: Christian Xavier Navarro Cota. Directores: Ana Isabel Molina Díaz y Miguel Ángel Redondo Duque.

- “Marco de desarrollo de Sistemas *Groupware* Interactivos Basado en Integración de Procesos y Notaciones”. Doctorando: William Joseph Giraldo Orozco. Directores: Ana Isabel Molina Díaz y Manuel Ortega Cantero.
- “Un método dirigido por Modelos para el Desarrollo de Sistemas Colaborativos de Modelado Independientes del Dominio”. Doctorando: Jesús Gallardo Casero. Directores: Crescencio Bravo Santos y Miguel Ángel Redondo Duque.
- “Un Framework para análisis proceso-producto de la colaboración en sistemas *groupware*”. Doctorando: Rafael Duque Medina. Directores: Crescencio Bravo Santos y Manuel Ortega Cantero.
- “Proposal for Evaluating Computer Programming Algorithms to Provide Instructional Guidance and Give Advice”. Doctorando: Francisco Jurado Monroy. Directores: Miguel Ángel Redondo Duque y Manuel Ortega Cantero.
- “Writing on the Web with AWLA: Development of the Writing Skill in a Technology-Enhanced E-Learning Environment”. Doctorando: Pedro Pablo Sánchez Villalón. Directores: Manuel Ortega Cantero y Nicolás Campos.
- “Una propuesta metodológica para el Desarrollo de la Interfaz de Usuario en Sistemas *Groupware*”. Doctorando: Ana Isabel Molina Díaz. Directores: Miguel Ángel Redondo Duque y Manuel Ortega Cantero.
- “AULA: Un sistema ubicuo de enseñanza-aprendizaje colaborativo”. Doctorando: Maximiliano Paredes Velasco. Directores: Manuel Ortega Cantero y Ángel Velázquez Iturbide.
- “Un sistema de soporte al Aprendizaje Colaborativo del diseño domótico mediante herramientas de Modelado y Simulación”. Doctorando: Crescencio

Bravo Santos. Directores: Manuel Ortega Cantero y Felisa Verdejo Maíllo.

- “Planificación colaborativa del diseño en entornos de simulación para el aprendizaje a distancia”. Doctorando: Miguel Ángel Redondo Duque. Directores: Manuel Ortega Cantero y Felisa Verdejo Maíllo.
- “Planificación del diseño en entornos de simulación para el aprendizaje a distancia”. Doctorando: José Bravo Rodríguez. Directores: Felisa Verdejo Maíllo y Manuel Ortega Cantero.

En los siguientes apartados presentaremos algunos resultados clasificados según la línea de investigación en Informática Educativa a los que pertenecen.

Se ha de hacer notar que en un artículo anterior en esta Revista (Ortega et al., 2012) pueden consultarse los trabajos anteriores a 2012, mientras que en este artículo presentamos resultados a partir de esa fecha.

El resto del artículo presenta las líneas principales de trabajo. En el punto 2 se muestran los trabajos relacionados con el modelado de sistemas de aprendizaje colaborativo, el punto 3 nuestra propuesta MoLEF como marco conceptual para evaluar aplicaciones de soporte al aprendizaje móvil, el punto 4 las distintas aproximaciones tanto colaborativas como con realidad aumentada para el aprendizaje de la Programación. En el apartado 5 se muestran diversos estudios sobre Análisis de Datos aplicados a la Enseñanza de la Informática para terminar en el apartado 6 con la aplicación de las técnicas de seguimiento ocular que ha llevado a cabo el grupo CHICO.

## 2. Desarrollo basado en modelos de sistemas de aprendizaje colaborativo: Learn-CIAM

En el ámbito de trabajo del grupo de investigación CHICO se ha desarrollado un nuevo marco metodológico para el modelado, validación y generación semi-automática de sistemas de aprendizaje colaborativo (CSCL), denominado Learn-CIAM. Una de las principales aportaciones del marco Learn-CIAM es la aplicación de un enfoque de desarrollo dirigido por modelos (*Model-Driven*

*Engineering*, MDE). Se ha decidido escoger dicho enfoque pensando en los usuarios y los sistemas finales a desarrollar. En el diseño e implementación de este tipo de sistemas es habitual que intervengan usuarios de distintos ámbitos y perfil técnico, como los ingenieros de *Software* y/o los profesores/docentes. Al aplicar un enfoque de estas características, los profesores/docentes, es decir, los usuarios con un perfil menos técnico, podrán generar diferentes sistemas de aprendizaje centrándose en el modelado y configuración de los mismos, a diferencia de otras técnicas de desarrollo más tradicionales, como las *ad-hoc*, en las cuales el usuario se ve obligado a implementar un nuevo sistema desde cero. De esta forma, los usuarios no necesitan disponer de conocimientos técnicos en la generación de este tipo de sistemas.

Otro de los aportes más importantes del marco Learn-CIAM es la inclusión de aspectos de *awareness*, que es necesario contemplar en las interfaces de usuario de sistemas colaborativos (sobre todo síncronos), y de aspectos de la usabilidad pedagógica<sup>2</sup>, que es necesario contemplar en las interfaces de usuario de los sistemas de aprendizaje. Estas características han sido incluidas en el marco conceptual de la propuesta metodológica, junto a una de las componentes más importantes, la notación Learn-CIAM (Molina et al., 2018b). Learn-CIAM supone una adaptación de la notación *Collaborative Interactive Applications Notation* (CIAN) (Molina et al., 2008) al área del aprendizaje.

La metodología Learn-CIAM se encuentra soportada tecnológicamente por una herramienta conocida, el editor gráfico Learn-CIAT<sup>3</sup> (Molina et al., 2018b). Learn-CIAT es la herramienta utilizada por los profesores/docentes para el modelado, validación y generación de los sistemas CSCL. Dicho editor gráfico, además, ha sido generado automáticamente haciendo uso de un conjunto de tecnologías y lenguajes de alto nivel pertenecientes al proyecto Epsilon<sup>4</sup>. En concreto, la tecnología Eugenia, para la generación automática del editor, y los lenguajes: *Epsilon Object Language* (EOL), para la consulta/modificación del modelo; *Epsilon Validation Language* (EVL), para el añadido de restricciones e incluso *quick fixes* (arreglos automáticos de errores); y *Epsilon Generation Language* (EGL), para la generación automática de código.

<sup>2</sup> Capacidad de un sistema de aprendizaje de proporcionar un soporte tecnológico adecuado a los objetivos de aprendizaje establecidos por el profesor/docente

<sup>3</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=rKohPMMMSuY>

<sup>4</sup> <https://www.eclipse.org/epsilon/>

Puesto que el ámbito de los sistemas CSCL es demasiado amplio, inicialmente se ha contemplado un escenario de la enseñanza de la programación, pudiendo generar hasta cuatro sistemas CSCL diferentes: sistemas de modelado gráfico, sistemas de edición de código, sistemas de edición de texto plano, y sistemas de navegación web (o consulta de información colaborativa). En la Figura 1 se muestra, a modo de ejemplo, un sistema de modelado colaborativo cuyo dominio es el propio editor gráfico Learn-CIAT.

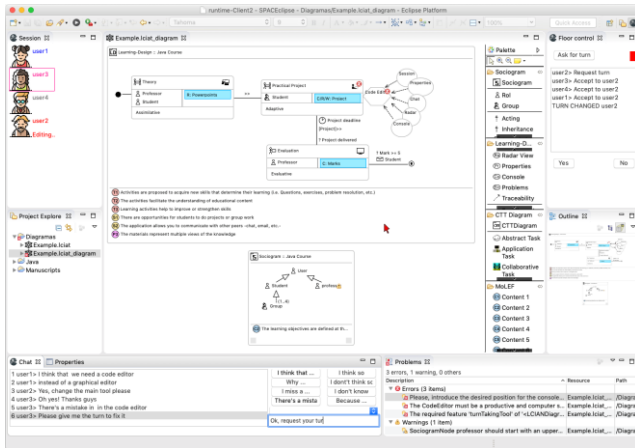


Figura 1. Sistema CSCL de modelado gráfico colaborativo

### 3. MoLEF

MOLEF constituye una propuesta de marco conceptual para evaluar aplicaciones de soporte al aprendizaje móvil (o mediante dispositivos móviles) cuya característica más innovadora es que considera conjuntamente, pero de forma diferenciada, aspectos para facilitar y soportar las actividades de aprendizaje en contextos y con dispositivos móviles. Estos aspectos tienen que ver con factores pedagógicos, usabilidad y las características que favorecen la adopción de este tipo de aplicaciones.

El marco está dividido en dos categorías de alto nivel que se corresponden con las fases de evaluación de la usabilidad pedagógica y de la usabilidad de interfaz de usuario (o usabilidad tecnológica), respectivamente. Cada una de estas categorías (véase figuras 2 y 3) incluye varios aspectos y sus respectivos criterios de evaluación que presentan una menor granularidad para su aplicación específica (Navarro et al., 2015; Navarro et al., 2016).

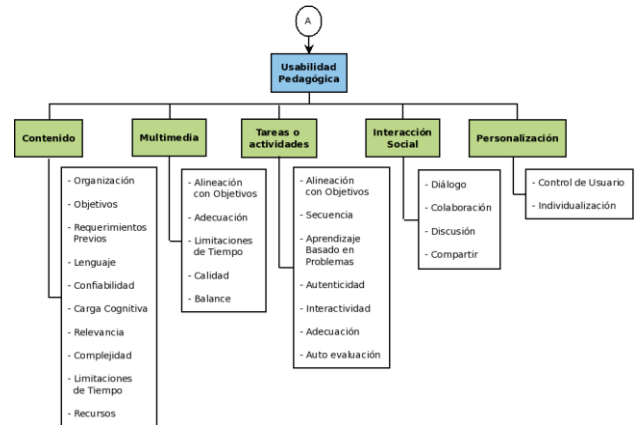


Figura 2. Aspectos de la usabilidad pedagógica y sus criterios de evaluación.

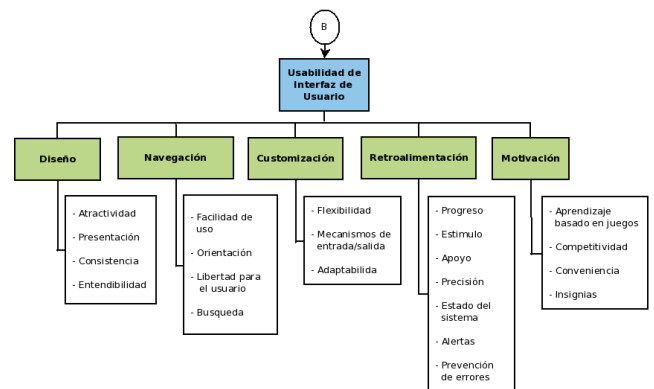


Figura 3. Aspectos y criterios de evaluación de la usabilidad de la interfaz de usuario o tecnológica.

Teniendo en cuenta los conceptos mencionados anteriormente y contemplados en MoLEF, se diseñó y validó, formal y empíricamente, un cuestionario denominado CECAM (Cuestionario para Evaluar la Calidad de Aplicaciones *M-learning*). Este cuestionario está destinado a materializar un instrumento de medida básico para la evaluación de aplicaciones de soporte al aprendizaje mediante dispositivos móviles (Navarro et al., 2014).

CECAM está organizado en dos subescalas multidimensionales, que representan las dos categorías de aspectos de MoLEF. Por lo tanto, sus preguntas están agrupadas por dimensiones. Cada dimensión contiene un conjunto de ítems en función de cada uno de los aspectos o constructos mencionados en MoLEF. Concretamente, el cuestionario incluye preguntas o heurísticas relacionadas con cada uno de los criterios establecidos y mostrados en las figuras 2 y 3.

Para poder aplicar estas propuestas (marco y cuestionario) se desarrolló una herramienta software que automatiza el proceso de evaluación y proporciona informes y visualizaciones fáciles de interpretar. Esta herramienta ha sido sometida a diversas experiencias de evaluación de aplicaciones de soporte al aprendizaje mediante dispositivos móviles, con participantes de diferentes países, aunque principalmente concentrados en España y en México. La figura 4 muestra el aspecto de uno de estos informes proporcionados por la herramienta de análisis (Molina et al., 2013b).

Actualmente, MoLEF y CECAM se utilizan con un doble propósito. Por un lado, se emplean como un compendio de recomendaciones (o *guidelines*) que sirven de guía en el desarrollo de aplicaciones usables de aprendizaje móvil; y, por otro lado, como herramienta de evaluación heurística, para la evaluación de la calidad de herramientas software ya desarrolladas. Además, MoLEF ha sido probado como parte integrante de modelos de procesos para el diseño de aplicaciones centradas en el aprendiz.

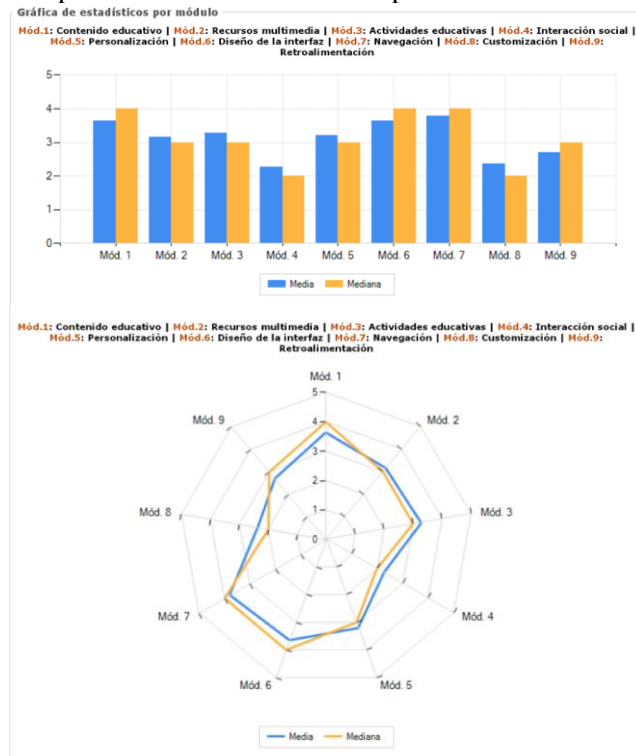


Figura 4. Ejemplo de informe de resultados de evaluación de una aplicación.

#### 4. Enseñanza de la programación mediante sistemas colaborativos y nuevos paradigmas de interacción

En el ámbito de la enseñanza de la programación, el Grupo CHICO desarrolla su actividad aportando diferentes mecanismos que facilitan el aprendizaje de la programación mediante entornos de programación colaborativa y nuevos enfoques de representación de programas y algoritmos mediante metáforas visuales (Ortega et al., 2017).

En el primer caso, una de las contribuciones del grupo consiste en una plataforma que sirva para facilitar el aprendizaje de la programación mediante la resolución de problemas en grupo estudiantes que están empezando a programar. Esta plataforma, a la que se ha denominado COLLECE-2.0 (Sánchez-Sobrino et al., 2017), surge inicialmente como una evolución del sistema COLLECE (Bravo et al. 2013), un entorno de programación síncrono por turnos que permitía editar, compilar y ejecutar programas implementados en lenguaje Java entre varios participantes de forma remota. La diferencia de COLLECE-2.0 con respecto de su predecesor radica en la capacidad de edición asíncrona de proyectos de programación, soporte para múltiples lenguajes de programación e introducción de diferentes mecanismos de *awareness* como, por ejemplo, árbol de archivos, soporte para múltiples telepunteros, bloqueo de regiones, panel de miembros, comunicación por chat y estado actualizado de la sesión. En la Figura 5 se muestra una captura de la plataforma con dos usuarios conectados a una sesión de trabajo.

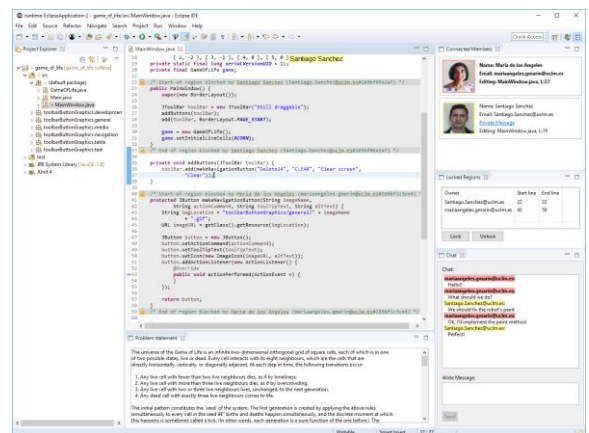


Figura 5. Plataforma COLLECE-2.0 de trabajo en grupo.



Por otra parte, la plataforma soporta la generación automática de visualizaciones software construidas a partir del código fuente de los programas con el objetivo de proporcionar visualizaciones estáticas (estructura y flujo de ejecución) y dinámicas (ejecución del programa y evaluación de expresiones). Estas visualizaciones son generadas a partir de una notación basada en la metáfora de carreteras y señales de tráfico denominada ANGELA (Sánchez-Sobrino et al., 2019). El conjunto de representaciones gráficas diseñado (ver Figura 6) es lo suficientemente amplio como para construir la visualización de cualquier tipo de programa, ya sea mediante la utilización de interfaces de usuario naturales (NUI) a través de técnicas inmersivas de realidad aumentada o enfoques más tradicionales basados en interfaces de usuario más clásicas (Sánchez-Sobrino et al., 2018). Además, la notación propuesta resulta flexible de utilizar en diversos contextos como, por ejemplo, el de los entornos lúdicos de aprendizaje basados en juegos<sup>5</sup> o en contextos más específicos como el de la programación concurrente<sup>6</sup>.



**Figura 6.** Conjunto de representaciones gráficas que forman la notación ANGELA: (a) definición de función, (b) sentencia de condición, (c) sentencia de bucle, (d) evaluación de expresión, (e) retorno de función, (f) hilo de ejecución y (g) punto de interrupción.

## 5. Estudios sobre Análisis de Datos aplicados a la Enseñanza de la Informática

Otro de los grandes pilares de la investigación del grupo CHICO reside en el análisis de datos haciendo uso tanto de técnicas estadísticas tradicionales, como de otras más avanzadas de minería de datos basadas en técnicas de Inteligencia Artificial. De hecho, aparte de los correspondientes análisis estadísticos llevados a cabo en los trabajos previamente citados, tenemos abiertas varias líneas de trabajo aplicadas, todas ellas, al contexto docente. Por una parte, de cara a la validación de cuestionarios docentes, ya que constituyen el instrumento más utilizado por el profesorado para evaluar distintos aspectos relacionados con el aprendizaje. El análisis estadístico de los datos recogidos a través de cuestionarios permite inferir conclusiones a los docentes de forma sencilla y rigurosa. Sin embargo, se suele pasar por alto que, para garantizar la utilidad y significado de los resultados obtenidos, el cuestionario utilizado debe estar bien diseñado en términos de fiabilidad y validez. Por tanto, hemos desarrollado un método para analizar la validez y fiabilidad de un cuestionario docente (Lacave et al., 2016). Además, el proceso nos ha servido para proporcionar un cuestionario validado que permite medir las dificultades de los estudiantes durante el aprendizaje de la recursividad (Lacave et al. 2018a), y que puede servir como guía para la validación de cualquier otro cuestionario docente. Por otro lado, hemos abordado desde un enfoque novedoso la problemática relacionada con el abandono de los estudios de Informática. Hasta ahora, los trabajos existentes han hecho uso de técnicas estadísticas tradicionales o bien mediante árboles de decisión o regresión multivariante. Sin embargo, en nuestro grupo hemos planteado su estudio mediante la aplicación de aprendizaje de redes bayesianas porque proporcionan métodos adecuados para la representación, la interpretación y contextualización de los datos (Lacave et al., 2018b). El método lo hemos utilizado para analizar el caso concreto del abandono del Estudios de Informática en la Universidad de Castilla-La Mancha (Lacave et al., 2018c). Para ello, se obtuvieron varias redes bayesianas a partir de una base de datos que representaban tanto datos académicos como sociales de los estudiantes

<sup>5</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=T1I2mrX7BUw>

<sup>6</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=66zaRSIjbPA>

matriculados en el Grado durante cuatro cursos. Los resultados obtenidos revelaron que la gran heterogeneidad de los datos estudiados no permitía ajustar el modelo con precisión. Sin embargo, la metodología descrita sirve de referencia para otros trabajos que pretendan analizar las características de los estudiantes a partir de una base de datos.

## 6. Aplicación de técnicas de seguimiento ocular para la evaluación

Para la evaluación de recursos educativos o aplicaciones para mejorar la enseñanza – aprendizaje se han propuesto diversas técnicas y *frameworks*, destacando, entre ellos los que consideran la *percepción subjetiva del estudiante* como fuente de información. Es el caso del Modelo de Aceptación de la Tecnología (*Technology Acceptance Model* o TAM) propuesto por Davis (Davis, 1993). Otros trabajos emplean la Teoría de la Carga Cognitiva (*Cognitive Load Theory* o CLT) para medir la efectividad de los materiales educativos (Sweller et al, 1998). Estos marcos de evaluación se basan en medidas indirectas y subjetivas, y hacen uso de cuestionarios de opinión o satisfacción, lo que puede llevar a la obtención de resultados sesgados, ya que es habitual que se dé el fenómeno en el que el encuestado contesta de acuerdo a lo que se desea de él/ella.

Para evitar dicho sesgo, en las distintas experiencias de evaluación llevadas a cabo en los últimos años en el marco de las investigaciones del grupo CHICO, se han empleado también fuentes de información más objetivas y directas, entre las que destacamos el empleo de técnicas de *eye tracking* o seguimiento ocular. El concepto de *eye tracking* hace referencia a un conjunto de tecnologías que permiten registrar y analizar el modo en el que una persona mira una determinada imagen (o interfaz de usuario), proporcionando información, de naturaleza fisiológica, sobre aspectos relacionados con el interés, la atención y el esfuerzo cognitivo que le supone el análisis visual de la información mostrada en pantalla (Bojko, 2013).

Han sido varios los trabajos llevados a cabo en los últimos años en el grupo CHICO en los que se ha incorporado esta fuente de información en actividades de evaluación. Así, por ejemplo, se ha empleado para la evaluación de *software* educativo en el ámbito de la enseñanza de la programación y, en concreto, para la enseñanza de algoritmos voraces (Arroyo et al, 2018).

También se ha hecho uso de dicha técnica para evaluar características de *awareness* (o consciencia de grupo) en sistemas *groupware* y, como caso particular, para la evaluación de dicho aspecto en el sistema COLLECE (Bravo et al, 2013), desarrollado en el marco de nuestro grupo de investigación y creado para dar soporte a la programación en grupo (Molina et al, 2015). La incorporación y evaluación del soporte al *awareness* en sistemas colaborativos, en general, y en sistemas de aprendizaje colaborativo, en particular, ha sido una línea de gran interés en CHICO en los últimos años (Gallardo et al, 2018; Collazos et al, 2018).

En el contexto de la tesis doctoral desarrollada por D. Óscar Navarro se propusieron varias pautas de diseño de materiales educativos multimedia dirigidos a alumnos de educación primaria, en el ámbito de la enseñanza de las matemáticas, que fueron validadas empleando un dispositivo de rastreo ocular (Molina et al, 2018). También se hizo uso del *eye tracker* para comparar y analizar la carga cognitiva que imponía el dispositivo de acceso (*smartphone*, *tablet* o computador de escritorio) en tareas de estudio de contenidos multimedia en alumnos de nivel universitario (Molina et al, 2014a).

Pero dicha técnica de evaluación no sólo se ha empleado para la evaluación de *software* y recursos educativos sino también para evaluar y comparar notaciones y modelos gráficos por parte de diseñadores de *software* (Molina et al, 2014b). La propuesta de notaciones gráficas para el modelado de sistemas interactivos y colaborativos (Molina et al, 2013a), así como el desarrollo dirigido por modelos también ha sido una línea de trabajo en la que se han hecho aportaciones en los últimos años (Gallardo et al, 2013; Molina et al, 2014c) y para la que la aplicación de esta técnica de evaluación ha resultado ser prometedora.

## Agradecimientos

Estos trabajos se vienen desarrollando gracias a la ayuda TIN2011-29542-C02-02 del Ministerio de Educación de España y a los proyectos PEII11-0133-6335 y PPII11-0013-1219 de la Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Comunidades de Castilla – La Mancha.

El Grupo CHICO quiere agradecer especialmente a Pedro Pablo Sánchez Villalón miembro

destacado de este grupo su trabajo durante tantos años. Su recuerdo es constante en CHICO.

## Referencias

- Arroyo, Y., Molina, A.I., Lacave, C., Redondo, M.A., Ortega, M. (2018). The GreedEx experience: Evolution of different versions for the learning of greedy algorithms. *Computer Applications in Engineering Education*, 26, 1306–1317.
- Bojko, A. (2013) Eye tracking the user experience: A practical guide to research. Rosenfeld Media, 2013.
- Bravo, C., Duque, R., Gallardo, J. (2013). A groupware system to support collaborative programming: Design and experiences. *Journal of Systems and Software*, 86(7), 1759-1771.
- Collazos, C.A., Gutiérrez, F.L., Gallardo, J., Ortega, M., Fardoun, H.M., Molina, A.I. (2019). Descriptive theory of awareness for groupware development. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 10:4789-4818.
- Davis, F. D. (1993). User acceptance of information technology: System characteristics, user perceptions and behavioural impacts. *International Journal of Man–Machine Studies*, 38(3), 475–487.
- Gallardo, J., Molina, A.I., Bravo, C., Redondo, M.A. (2013). A model-driven and task-oriented method for the development of collaborative systems. *Journal of Network and Computer Applications*, 36(6), 1551–1565.
- Gallardo, J., Bravo, C., Molina, A.I. (2018). A framework for the descriptive specification of awareness support in multimodal user interfaces for collaborative activities. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 12 (2), 145–159.
- Lacave, C., Molina, A.I., Fernández, M., Redondo, M.A. (2016). Análisis de la fiabilidad y validez de un cuestionario docente. *ReVisión*, 9(1).
- Lacave, C., Molina, A.I., Redondo, M.A. (2018a). A preliminary instrument for measuring students' subjective perceptions of difficulties in learning recursion. *IEEE Transactions on Education*, 61 (2), 119-126.
- Lacave, C., Molina, A.I., Cruz-Lemus, J.A. (2018b) Learning Analytics to identify dropout factors of Computer Science studies through Bayesian networks, *Behaviour & Information Technology*, 37:10-11, 993-1007.
- Lacave, C., Molina (2018c) Using Bayesian Networks for Learning Analytics in Engineering Education: A Case Study on Computer Science Dropout at UCLM, *International Journal of Engineering Education*, 34 (3), 879–894.
- Molina, A.I., Gallardo, J., Redondo, M.A., Ortega, M., Giraldo, W.J. (2013a). Metamodel-driven definition of a visual modeling language for specifying interactive groupware applications: An empirical study. *Journal of Systems and Software*, 86 (7), 1772–1789.
- Molina, A., Lacave, C., Redondo, M., Ortega, M., Navarro C. (2013b). An experience for assessing the application of EHEA methods in a Computer Science HCI subject. *International Magazine on Advances in Computer Science and Telecommunication*, 4, (2), 53-60
- Molina, A.I., Redondo, M.A., Lacave, C., Ortega, M. (2014a). Assessing the effectiveness of new devices for accessing learning materials: An empirical analysis based on eye tracking and learner subjective perception. *Computers in Human Behavior*, 31(1), 475–490.
- Molina, A.I., Redondo, M.A., Ortega, M., Lacave, C. (2014b). Evaluating a graphical notation for modeling collaborative learning activities: A family of experiments. *Science of Computer Programming*, 88, 54–81.
- Molina, A.I., Giraldo, W.J., Ortega, M., Redondo, M.A., Collazos, C.A. (2014c). Model-driven development of interactive groupware systems: Integration into the software development process. *Science of Computer Programming*, 89, 320–349.
- Molina, A.I., Gallardo, J., Redondo, M.A., Bravo, C. (2015). Assessing the awareness mechanisms of a collaborative programming support system. *Dyna*, 82 (193), 212–222.
- Molina, A.I., Navarro, O., Ortega, M., Lacruz, M. (2018a). Evaluating Multimedia Learning Materials in Primary Education using Eye Tracking. *Computer Standards & Interfaces*, vol. 59, 45–60.



- Molina, A.I., Arroyo, Y., Lacave, C., Redondo, M.A. (2018b). Learn-CIAN: A visual language for the modelling of group learning processes, *British Journal of Educational Technology*, 49 (6), 1096–1112.
- Molina, A.I., Redondo, M.A., Ortega, M., Hoppe, U. (2008). CIAM: A methodology or the development of groupware user interfaces, *Journal of Universal Computer Science*, 14 (9), 1435-1446.
- Navarro, C. X., Molina A. I., Redondo M. A. (2014). Developing a framework to evaluate usability in m-learning system: Mapping Study and proposal. *Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'2014)*. 357-364. Salamanca, España.
- Navarro, C. X., Molina, A. I., & Redondo, M. (2015). Towards a Model for Evaluating the Usability of M-learning Systems: from a Mapping Study to an Approach. *IEEE Latin America Transactions*, 13(2), 552-559.
- Navarro, C. X., Molina, A. I., Redondo M. & Juárez-Ramírez, R. (2016). Framework to Evaluate M-learning Systems: A Technological and Pedagogical Approach. *IEEE RITA*, 11 (1), 1-8.
- Ortega, M. et al, (2012). CHICO (Computer – Human Interaction and Collaboration), UCLM. *IE Comunicaciones, Enero-Junio* (14), 11-17.
- Ortega, M., Redondo, M. A., Molina, A. I., Bravo, C., Lacave, C. Et al. (2017). *iProg: development of immersive systems for the learning of programming*. Paper presented at the Proceedings of the XVIII International Conference on Human Computer Interaction, Cancun, Mexico.  
<https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3123874&CFID=998164406&CFTOKEN=51530755>
- Sánchez-Sobrino, S., Redondo, M. A., Vallejo, D., González, C., & Bravo, C. (2017). COLLECE 2.0: A distributed real-time collaborative programming environment for the Eclipse platform. Paper presented at the Proceedings of the 11th International Conference on Interfaces and Human Computer Interaction, Lisbon, Portugal (pp. 136–142). IADIS.
- Sánchez-Sobrino, S., García, M. Á., Gómez, C., Vallejo, D., Lacave, C., Glez-Morcillo, C., Et al. (2019). ANGELA: a novel approach of graphic notation based on the metaphor of road signs to facilitate the learning of programming. Paper presented at the Proceedings of the 7th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality. León, Spain (pp. 822-829). ACM.
- S. Sánchez, M. A. García, C. Lacave, A. I. Molina, C. González, D. Vallejo, & Redondo, M. A. (2018). Applying Mixed Reality Techniques for the Visualization of Programs and Algorithms in a Programming Learning Environment. Paper presented at the Proceedings of the 10th International Conference on Mobile, Hybrid, and On-line Learning, Rome, Italy (Vol. 1, pp. 84–89). IARIA XPS Press.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251-296