

## Realidad Aumentada, Realidad Virtual, Interfaces Avanzadas, Juegos Educativos

María José Abásolo<sup>1,2</sup>, Alejandro Mitaritonna<sup>3</sup>, María José Bouciguez<sup>1</sup>,  
Natalia Encina<sup>1</sup>, Mario Vicenzi<sup>1</sup>, Armando De Giusti<sup>1</sup>, Marcelo Naiouf<sup>1</sup>,  
Javier Giacomantone<sup>1</sup>, Cristina Manresa-Yee<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)  
Facultad de Informática – Universidad Nacional de La Plata (UNLP)  
{mjabasolo, degiusti, mnaiouf, jog}@lidi.info.unlp.edu.ar

<sup>2</sup>Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires  
(CICPBA)

<sup>3</sup> Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF)  
amitaritonna@citedef.gob.ar

<sup>4</sup> Departamento de Cs. Matemáticas e Informática – Universidad de las Islas  
Baleares  
cristina.manresa@uib.es

### Resumen

La línea de investigación y desarrollo presentada consiste en estudiar, desarrollar y evaluar aplicaciones de realidad virtual, realidad aumentada e interfaces avanzadas. Uno de los principales objetivos es la formación de recursos humanos y fortalecimiento de la investigación mediante el trabajo intergrupar entre diferentes instituciones nacionales y extranjeras. El proyecto concluido Formación de Recursos Humanos e Investigación en Visión e Informática Gráfica (FRIVIG) de la AECI permitió la compra de equipamiento, el intercambio de investigadores, la formación de recursos humanos, y la creación de una carrera de postgrado en la temática.

**Palabras Clave:** Realidad Virtual, Realidad Aumentada, Visión por Computador, Informática Gráfica, Interfaces Avanzadas, Juegos Educativos

### Contexto

La línea de investigación Realidad Aumentada y Realidad Virtual forma parte del proyecto 11/F017 "Cómputo Paralelo de Altas Prestaciones. Fundamentos y Evaluación de rendimiento en HPC. Aplicaciones a Sistemas Inteligentes, Simulación y Tratamiento de Imágenes", acreditado por la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) en el marco del Programa de Incentivos. Dentro de esta línea se está desarrollando una tesis doctoral en el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF) en el marco del Programa de Investigación y Desarrollo para la Defensa (PIDDEF) (aprobado con el Nro. 22/12), elaborado por la Subsecretaría de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del Ministerio de Defensa.

### Introducción

La línea de investigación y desarrollo presentada involucra las áreas de visión por computador e informática gráfica.

Los temas de investigación estudiados se agrupan en cuatro ejes temáticos: realidad virtual, realidad aumentada, interfaces avanzadas y juegos educativos. En [Man12a] puede encontrarse una introducción a esta área presentada por el grupo de investigación en el marco parte de una escuela de computación del congreso nacional CACIC.

### **Realidad Aumentada**

La Realidad Aumentada (RA) se refiere a aplicaciones interactivas en tiempo real donde se visualiza la realidad con elementos sintéticos agregados (objetos 3D, sonidos, texto, etc.) de forma coherente con el punto de vista del usuario. Recientemente el uso de RA se ha combinado con la geolocalización del participante, es decir, la localización de su ubicación en el globo terráqueo, en base a dispositivos físicos como GPS, brújulas, acelerómetros y giroscopios incorporados a celulares de última generación. De esta manera, la combinación de RA y geolocalización, dio lugar a las herramientas de software de RA denominadas browsers de RA. Definidas por Lester Madden [Mad11] como aplicaciones desarrolladas para dispositivos móviles con dispositivos de geolocalización incorporados, que proveen contenidos relevantes del entorno -en forma de objetos 3D, imágenes, indicadores de puntos de interés (POIs) entre otros- dependiendo de la ubicación del usuario en un cierto lugar en el mapa terrestre .

El desafío de aprender a incorporar la RA y la geolocalización en los contextos educativos, implica la voluntad de centrar el aprendizaje en la participación activa del estudiante, en sus intereses, en situaciones relevantes y directamente relacionadas con su vida real, lo cual supone un cambio en los planteamientos pedagógicos que exigen el diseño de nuevas propuestas

metodológicas y el uso de recursos didácticos capaces de facilitar los nuevos procesos. Pero para ello, necesitamos docentes que conozcan y aprendan a utilizar estas herramientas, para luego mediar el contenido de su disciplina desde una mirada pedagógica – didáctica, pudiendo vislumbrar las posibilidades educativas de la RA y la geolocalización para enriquecer los procesos de enseñanza – aprendizaje; brindando escenarios para explorar, interactuar y relacionarse con su entorno, generando recursos y conocimientos de manera creativa y lúdica. En el ámbito educativo, se ha trabajado sobre la evaluación de los browsers de RA más relevantes como por ejemplo Layar, Wikitude y espiRA.

En el ámbito militar, durante el año 2015 se ha trabajado sobre la implementación del framework de RA denominado RAIOM (Realidad Aumentada para la Identificación de Objetivos Militares) desarrollado en el CITEDEF (Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa)[Mit13][Mit15]. Dicho framework fue utilizado para desarrollar una aplicación en Android que integrando librerías OpenCV y se ejecuta sobre un Smartphone Nexus. Entre las funcionalidades del framework de RA se enumeran:

- Visualización de objetivos tácticos en un radar en 360 grados (figura 1)
- Posicionamiento y orientación espacial de los objetos y del operador (figura 1)
- Ayudas visuales mediante iconografía/simbología adaptable (figura 1)
- Uso de menús interactivos mediante reconocimiento gestual (figura 2 y figura 3)
- Uso de cartografía en 3D mediante uso de Realidad Aumentada (figura 4)



Figura 1

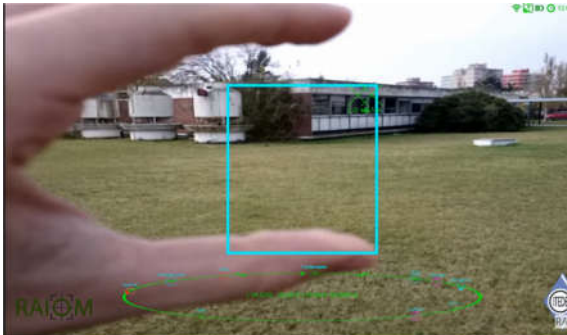


Figura 2

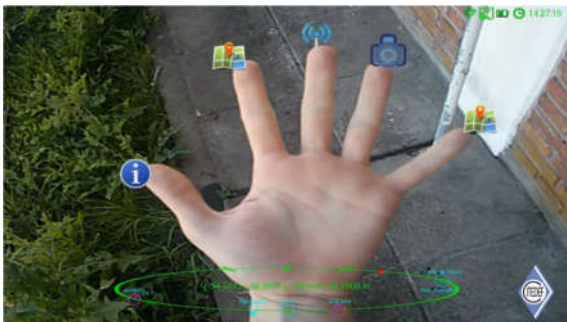


Figura 3

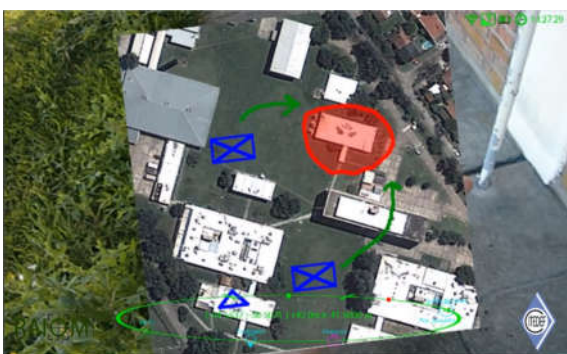


Figura 4

Entre las tareas actuales es la implementación de otra aplicación que se ejecute directamente sobre los microprocesadores ODROID-XU y utilizando como medio de visualización las gafas de RA.

## Realidad Virtual

La Realidad Virtual (RV) es un término que se aplica a un conjunto de experiencias sensoriales sintéticas, es decir generadas por computador, comunicadas a un operador o participante. La mayoría de las aplicaciones de realidad virtual son experiencias visuales donde el participante se ve inmerso e interactúa en un ambiente o escena virtual, con diferentes grados de inmersión.

Algunas aplicaciones de realidad virtual requieren la visualización de terrenos. La principal dificultad a la que se enfrentan las técnicas de visualización de terrenos es obtener una visualización eficiente en tiempo real para lograr terrenos que luzcan realistas. La visualización en tiempo real impone restricciones estrictas en la eficiencia de los sistemas de visualización, por lo que es necesario a su vez negociar la calidad de la visualización con un uso limitado de recursos. Es por esta razón que los algoritmos que han sido propuestos utilizan el concepto de multiresolución para generar representaciones simplificadas, por ejemplo, realizando una representación de menor nivel de detalle o LOD (Level Of Detail) a medida que la superficie del terreno está más lejos del punto de observación. Hoy en día, es posible implementar algoritmos que serán ejecutados directamente por las unidades de procesamiento gráfico (GPUs). Los últimos avances en las capacidades de procesamiento gráfico han introducido la posibilidad de realizar teselados de geometría directamente por hardware (GPU), y con una mínima intervención por parte de la CPU. Borelli y Abásolo [Bor15] presentan un nuevo algoritmo de visualización de terrenos multiresolución que emplea los últimos avances de la GPU. En su diseño se aplica un criterio de selección de nivel de detalle que considera la percepción que tendrá el usuario de la rugosidad

particular de cada zona del terreno. Además, se incorporan las capacidades de teselado por hardware de la GPU correspondientes a Shader Model 5, y se implementa un mecanismo de geomorphing creando transiciones suavizadas entre distintos niveles de detalle. La técnica realiza una representación multiresolución eficiente y escalable. Los resultados obtenidos posibilitan su utilización en aplicaciones interactivas que requieren de la visualización de terrenos en tiempo real para aplicaciones 3D.

La aplicación realizada se probó utilizando una pantalla panorámica conformada por 3 TVs de alta resolución Full HD, una a continuación de la otra, formando un ángulo de 120° entre pantallas contiguas. Se utilizó la placa de video GeForce GTX 690 capaz de administrar 3 pantallas de manera transparente al usuario.

### **Interfaces Avanzadas para discapacitados**

La interacción persona-ordenador (IPO) es la disciplina relacionada con el diseño, la evaluación y la implementación de sistemas informáticos interactivos para que los utilicen los seres humanos [Hew92]. El objetivo principal de la disciplina es conseguir una interacción eficiente, efectiva y satisfactoria, comprendiendo los factores que determinan cómo son las personas y cómo actúan y desarrollando herramientas y técnicas a aplicar en el Diseño Centrado en el Usuario (DCU) [ISO10].

La interacción ha evolucionado desde interfaces difíciles de aprender como las líneas de comandos hasta interfaces más intuitivas como las interfaces naturales (p.e. pantallas multitáctiles o interfaces gestuales). Tanto la investigación como el mundo empresarial están explorando nuevos canales de interacción, y en esta línea se centran las interfaces avanzadas, que

incluyen, entre otras, interfaces hápticas, interfaces gestuales o interfaces cerebro-ordenador.

Uno de los sectores de la población que pueden beneficiarse de estas nuevas interfaces son las personas con discapacidad, especialmente a través de diseñar sistemas interactivos que tengan en cuenta la accesibilidad. En este dominio de investigación, Manresa et al. [Man13] presentan un sistema educativo interactivo para personas con discapacidades múltiples y severas que necesitan ayuda en todas las actividades diarias pero que muestran interés cuando aparece un estímulo significativo en el entorno. Los objetivos del sistema son mejorar su interacción con el entorno, ofrecerles control sobre el mismo, motivar los movimientos de las extremidades superiores o reducir sus movimientos de auto-estimulación [Man12b]. El sistema utiliza visión por computador para detectar una banda de color sobre la mano del usuario y transforma esa posición en una posición sobre la pantalla. En la pantalla hay diferentes regiones que pueden ofrecer estímulos diversos (audio, imagen, vídeo) y cuando se detecta al usuario posicionado en una región activa, se inicia el estímulo que parará cuando el usuario salga de esa región.

Al evaluar el sistema anterior, se observa que el terapeuta tiene que motivar oralmente a los usuarios y a veces ayudarlos físicamente (tocando el brazo a levantar, o ayudando al usuario a realizar el movimiento). Para intentar evitar la ayuda física, Manresa et al. [Man15] presentan una interfaz vibrotáctil que pretende motivar la flexión del brazo a través de explotar la ilusión perceptual del “conejo cutáneo”, donde una sucesión rápida de vibraciones cerca del codo y yendo hacia el hombro, crea la sensación de golpecitos hacia arriba incluso en zonas donde no ha habido estímulo físico, por

lo que se puede informar de direccionalidad y llamar la atención del usuario para que realice el movimiento.

Bojanovic et al. [Boj15] trabajan con el mismo perfil de usuario y con los mismos objetivos. La interacción se basa en la información que proviene de un sensor de distancia cuando el usuario acerca o aleja la mano, y la transmite a seis aplicaciones de acción/reacción que ofrecen retroalimentación significativa y multimodal (imágenes, audio, vídeo).

### **Juegos Educativos**

Balasubramanian y Wilson [Bal06] definen juego un ambiente interactivo atractivo que cautiva al jugador ofreciéndole desafíos que requieren niveles crecientes de maestría. El término juego educativo hace referencia a aquellos juegos desarrollados con finalidad educativa. Características como la diversión, la inmersión y la interactividad, hacen a los videojuegos una herramienta digital atractiva para el ámbito educativo.

El aprendizaje basado en juego digital (DGBL, Digital Game Based Learning) es un método de enseñanza que incorpora contenidos educativos o principios de aprendizaje en los videojuegos, con el objetivo de involucrar a los estudiantes [Squ08]. Los videojuegos educativos son aplicaciones de software en las que el estudiante aprende haciendo, interactuando con el mundo, observa los resultados de sus acciones, y prueba sus hipótesis.

Los videojuegos, generalmente, tienen lugar en una especie de mundo virtual estructurado por normas específicas, con mecanismos de retroalimentación y herramientas de apoyo. Las simulaciones comparten con los juegos el uso de un mundo virtual, estructurado por reglas y restricciones, y la focalización en un objetivo concreto; aunque emplean un conjunto más refinado de reglas y estrategias para

guiar a los participantes en el desarrollo de comportamientos y competencias particulares y directamente transferibles al mundo real. Teniendo en cuenta los propósitos de cada uno de estos entornos interactivos, el desafío es lograr una unificación inteligente buscando combinar sus características a partir de los principios del aprendizaje constructivista en pos de contribuir a mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de conceptos científicos o la comprensión de los fenómenos con un alto grado de abstracción. De esta manera, llamamos entorno interactivo educativo a aquellos entornos digitales que son desarrollados para ser utilizados en educación y que combinan las características de los mundos virtuales, los juegos y las simulaciones en pos de proporcionar un andamiaje para conceptualizar fenómenos dinámicos y permitir intercambios entre la cognición y los objetos simbólicos que representan el conocimiento científico. Entre las características que interesa conjugar en estos entornos interactivos educativos pueden mencionarse la optimización del sentido de lugar y presencia de los mundos virtuales, la participación y diversión por parte de los videojuegos, y el rigor y la transferencia de los aprendizajes para la resolución de nuevas situaciones de las simulaciones [Ald05].

Las tecnologías inmersivas proporcionan entornos alternativos de aprendizaje situado, favorecen las posibilidades de experimentar a través de la acción activa del usuario, de forma que éste pueda a su vez relacionarse con los elementos formativos e igualmente con el resto de elementos del entorno, volviéndose colaborativo y motivador [Daw14] [Man11]. Los ambientes inmersivos educativos abarcan diferentes medios (juegos, simulaciones, mundos virtuales, aprendizaje móvil, realidad aumentada, etc.). Pagano [Pag13] señala que el

aprendizaje inmersivo no es acerca de la tecnología, sino de los principios de diseño que permiten a los alumnos practicar en el contexto, aplicar sus conocimientos y mejorar sus habilidades y competencias.

Desde hace más de 10 años que se reconoce que los estudiantes están cambiando, son cada vez más pragmáticos, reclaman interacción y personalización, son muy visuales, a menudo son reacios a la lectura, quieren más material en menos tiempo, son muy computacionales. Es en este contexto que las simulaciones y los videojuegos, como entornos interactivos e inmersivos, cobran especial relevancia como herramientas educativas. Bouciguez et al. [Bou14] presenta un estudio de la población de estudiantes universitarios de ingeniería y sus preferencias en el uso de videojuegos, con el objetivo de estudiar la población destinataria de videojuego educativo para la enseñanza de ciencias.

Desarrollar entornos interactivos divertidos y atractivos pero que mantengan el potencial educativo para la formación en ciencias experimentales básicas plantea importantes desafíos. Bouciguez et al. [Bou13] describen algunos videojuegos educativos para enseñar Física y se caracterizan en función de la tecnología que involucra, los aportes y limitaciones al aprendizaje desde una perspectiva constructivista social. Esta caracterización puede brindar información útil sobre cómo utilizar un videojuego, qué requerimientos tecnológicos necesita y qué potencialidades puede aportar a una situación de enseñanza y aprendizaje.

### **Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación**

- Aplicaciones de Realidad Aumentada en educación
- Aplicaciones de Realidad Aumentada en el ámbito militar

- Aplicaciones de Realidad Virtual con visualización de terrenos multiresolución
- Juegos educativos para la enseñanza de la física
- Interfaces avanzadas para discapacitados

### **Resultados y Objetivos**

- Carrera de postgrado “Especialización en Computación Gráfica, Imágenes y Visión por Computadora”, Facultad de Informática de la UNLP. Dicha carrera el reconocimiento oficial provisorio por la CONEAU (Número de Carrera nueva N° 11.162/12).
- Dictado de un curso de doctorado conjunto entre docentes de la UNLP y de la UIB sobre la temática “Interfaces Avanzadas”
- Framework RAIOM en desarrollo, basado en realidad aumentada utilizando dispositivos móviles, visión por computador y sensores externos para el reconocimiento, detección, ubicación, identificación y suministro de información contextual
- Diseño e implementación de un algoritmo de visualización de terrenos 3D multiresolución utilizando la GPU [Bor15]
- Diseño e implementación de un sistema interactivo para discapacitados basado en la posición de las manos [Boj15]
- Se realizaron aplicaciones de prueba utilizando gafas de realidad aumentada “*video see-through*” Vuzix Wrap 920AR

## Formación de recursos humanos

La formación de recursos humanos es prioritaria en esta línea, y por esto se implementó la carrera de postgrado mencionada en la sección anterior. En el marco de los proyectos conjuntos mencionados se ha podido contar con la visita de profesores de otras universidades nacionales y extranjeras (UNLP, UNS, UNICEN y UIB), con experiencia y formación en los temas propuestos, los cuales impartieron cursos de postgrado.

En la actualidad hay en curso diferentes tesis de postgrado en el marco de esta línea de investigación:

- María José Bouciguez “Ambientes virtuales altamente interactivos basados en videojuegos y simulaciones para la educación en ciencias” (tesis de doctorado en curso)

- Alejandro Mitaritonna. “Realidad Aumentada para la Identificación de Objetivos Militares” (tesis de doctorado en curso)

- Mario Vincenzi. “La Realidad Aumentada en la educación. Vigencia, proyecciones y límites”. (tesis de especialización en curso)

- Natalia Encina. “Evaluación de browsers de realidad aumentada para apoyar procesos de enseñanza - aprendizaje” (tesis de especialización en curso)

## Referencias

[Ald05] Aldrich, C. (2005) *Learning by Doing: A Comprehensive Guide to Simulations, Computer Games, and Pedagogy in e-Learning and Other Educational Experiences*. John Wiley and Sons, ISBN N°:0-7879-7735-7

[Bal06] Balasubramanian, N. & Wilson, B. G. (2006). *Games and Simulations*, In C. Crawford et al. (Eds.), *ForeSITE* (<http://site.aace.org/pubs/foresite/>), Volume One, 2005. Proceedings of Society for Information Technology and Teacher

Education International Conference 2006. Chesapeake, VA: AACE.

[Boj15] Bojanovic, Filip; Manresa Yee, Cristina; Abásolo Guerrero, María José; Larrea, Martín Leonardo; Sanz, Cecilia Verónica (2015) *Get closer to activate it! An educational tool for people with multiple disabilities*. Proceedings of XXI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación CACIC 2015. ISBN N°: 978-987-3724-37-4

[Bor15] Borrelli, Lucas; Abásolo Guerrero, María José (2015) *Visualización 3D de terrenos multiresolución basada en Shader Model 5* (2015) Proceedings of XXI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación CACIC 2015. ISBN N°: 978-987-3724-37-4

[Bou13] María José Bouciguez, Graciela Santos, María José Abásolo (2013) *Potencialidad de los videojuegos en el aprendizaje de Física*. Actas de WEFA 2013 I Workshop de Enseñanza de Física en Argentina, Universidad Nacional del Centro de la Pcia. de Bs. As., ISBN 978-950-658-342-2.

[Bou14] María José Bouciguez, Graciela Santos. María José Abásolo *Towards the use of video games for learning: a survey about video games preferences of Engineering students*. Journal of Computer Science & Technology; vol. 14, no. 1, p. 25-31, ISSN 1666-6038, 2014 <http://journal.info.unlp.edu.ar/journal/journal38/papers/JCST-Apr14-4.pdf>

[Daw14] Dawley, L., & Dede. C. (2014) *Situated learning in virtual worlds and immersive simulations*. In J.M. Spector, M.D Merrill, J. Elen, & M.J. Bishop (Eds.), *The Handbook of Research for Educational Communications and Technology* (4th ed.). New York: Springer.

[Hew92] B. Hewett, C. Card, M. Gasen, Strong Perlman, and Verplank (1992) *Acm SIGCHI curricula for human-computer interaction*. <http://sigchi.org/cdg/index.html>

[ISO10] International Organization for Standardization (2010) *Ergonomics of human-system interaction - Part 210: Human-centred design for interactive systems*, 9241-210:2010

- [Mad11] Madden, Lester (2011) *Professional Augmented Reality Browsers for Smartphones: Programming for junaio, Layar and Wikitude*. Copyrighted Material. Wrox
- [Man11] Maniega, D., Yàñez, P. & Lara, P. (2011) *Lost In La Mancha: aprendizaje inmersivo online 3D*. Revista de comunicación y nuevas tecnologías. Revista ICONO 14. Año 9 Vol. 2. pp. 101-121. ISSN: 1697-8293. Madrid (España)
- [Man12a] Manresa-Yee, C.; Abásolo, M.J.; Mas Sansó, R.; Vénere, M.. (2011) *Realidad Virtual, Realidad Aumentada e Interfaces Basadas en Visión*. XV Escuela Internacional de Informática, XVII Congreso Argentino de Ciencia de la Computación CACIC 2011. Editorial EDULP, ISBN 978-950-34-0765-3
- [Man12b] C. Manresa-Yee, R. Mas, G. Moyà, M.J. Abásolo, J. Giacomantone (2012) *Interactive multi-sensory environment to control stereotypy behaviours*. Computer Science & Technology Series: XVII Argentina Congress of Computer Science (Selected Papers), pp.121-128, 978-950-34-0885-8
- [Man13] Cristina Manresa Yee, Joan Jordi Muntaner, and Diana Arellano (2013) *A motion-based interface to control environmental stimulation for children with severe to profound disabilities*. In CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '13). ACM, New York, NY, USA, 7-12.
- [Man15] Cristina Manresa-Yee, Ann Morrison, and Joan Jordi Muntaner. 2015. First Insights with a Vibrotactile Interface for Children with Multiple Disabilities. In Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '15). ACM, New York, NY, USA, 905-910.
- [Mit13] Mitaritonna, A.; Abásolo Guerrero, M. J. *Mejorando la conciencia situacional en operaciones militares utilizando la realidad aumentada* (2013) Proceedings of XVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. ISBN N°: 978-987-23963-1-2 pp. 356-365.
- [Mit15] Mitaritonna, A.; Abásolo Guerrero, M. J. (2015) *Improving Situational Awareness in Military Operations using Augmented Reality*. Proceedings of WSCG 2015. ISBN N°:978-80-86943-72-5, 2013.
- [Pag13] Pagano, K. O. (2013) *Immersive Learning: Designing for Authentic Practice*. Alexandria, VA: ASTD Press.
- [Squ08] Squire, K.D. (2008) *Game-based learning: An emerging paradigm for learning*. Performance Improvement Quarterly, 21 (2), 7-36. <http://www3.interscience.wiley.com/journal/120835177/issue>