

**MEMORIA DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS
PROYECTOS DE INNOVACIÓN EDUCATIVA
VICERRECTORADO DE INNOVACIÓN Y CALIDAD DOCENTE
CURSO ACADÉMICO 2012-2013**

DATOS IDENTIFICATIVOS:

1. Título del Proyecto

Uso de la Realidad Aumentada en dispositivos móviles para la docencia de la Geometría Descriptiva

2. Código del Proyecto

125024

3. Resumen del Proyecto

El proyecto se centra en el desarrollo de una herramienta informática que, usando la realidad aumentada en dispositivos móviles, ayude a alumnos y profesores en la docencia de asignaturas pertenecientes al Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería y, en general, de aquellas materias en las que intervenga la visión espacial. Esta herramienta consiste en una aplicación de realidad aumentada que se puede instalar en una gran cantidad de smartphones y tabletas dotadas de cámara de video y el sistema operativo Android 2.2 o superior. La aplicación ayudará a alumnado desarrollar su visión espacial facilitando la comprensión de problemas de geometría descriptiva mediante la realización de ejemplos interactivos. Precisamente, para cubrir este objetivo se elaborará un cuaderno de ejercicios con sus correspondientes marcadores que permitan la visualización 3D gracias a la realidad aumentada así como la interacción con los modelos a través de la interfaz táctil de los dispositivos.

4. Coordinador/es del Proyecto

Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente
Eduardo Gutiérrez de Ravé Agüera (EGR)	Ingeniería Gráfica y Geomática	063
Francisco José Jiménez Hornero (FJH)	Ingeniería Gráfica y Geomática	063

5. Otros Participantes

Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente	Tipo de Personal
Jesús Emilio Taguas Ruiz (JTR)	Ingeniería Gráfica y Geomática		Personal Externo
Fernando Muñoz Bermejo (FMB)	Ingeniería Gráfica y Geomática	063	PDI
Ana Belén Ariza Villaverde (AAV)	Ingeniería Gráfica y Geomática	063	Becaria
Pablo Pavón Domínguez (PPD)	Ingeniería Gráfica y Geomática	063	Becario

6. Asignaturas afectadas

Nombre de la asignatura	Área de conocimiento	Titulación/es
101235 Sistemas de Representación	Expresión Gráfica en la Ingeniería	Grado en Ingeniería Mecánica
101285 Sistemas de Representación	Expresión Gráfica en la Ingeniería	Grado en Ingeniería Eléctrica
101335 Sistemas de Representación	Expresión Gráfica en la Ingeniería	Grado en Ingeniería Electrónica Industrial
101370 Diseño Asistido por Ordenador	Expresión Gráfica en la Ingeniería	Grado en Ingeniería Electrónica Industrial
101257 Dibujo Técnico	Expresión Gráfica en la Ingeniería	Grado en Ingeniería Mecánica

1. Introducción (justificación del trabajo, contexto, experiencias previas, etc.).

El desarrollo de la visión espacial es de vital importancia en la actividad proyectual del ingeniero (Jerz, 2002; Strong, y Smith, 2001), ya que proporciona el soporte necesario para desarrollar las primeras fases del diseño donde prima la capacidad de expresar nuestro pensamiento tridimensional de forma rápida. Sin embargo, las asignaturas relacionadas con la geometría descriptiva resultan complicadas por las carencias en la visión espacial propias del alumno. Aunque existen algunos programas de Diseño Asistido por Ordenador (DAO) que facilitan la visión espacial, varios estudios (e.g. Yue, 2001) indican que el uso de este software como un sustituto de las herramientas de dibujo tradicionales no produce ninguna mejora apreciable en la destreza espacial de los alumnos. Por este motivo, para poder mejorar la visión espacial se necesita trabajar con modelos 3D que se puedan girar, desplazar y sobre los cuales podamos hacer ejercicios mentales como, por ejemplo, la obtención de sus proyecciones normalizadas (Navarro et al., 2004).

Teniendo en cuenta estas premisas, se considera conveniente explorar el uso de la Realidad Aumentada (RA) para adquirir o, en su caso, perfeccionar la necesaria visión espacial. El término Realidad Aumentada hace referencia a la superposición de datos e información virtual sobre el mundo real, añadiéndola a la que el usuario percibe de forma natural, creando una realidad que es mejorada. Uno de los aspectos más prometedores de esta tecnología es que puede ser usada para formas visuales altamente interactivas de aprendizaje. Según el Informe Horizon 2011: Enseñanza Universitaria (Johnson et al., 2011), que reflexiona sobre el impacto de la tecnología sobre la enseñanza, el aprendizaje y la investigación, la RA tendrá un periodo de adopción de dos a tres años.

Existen numerosos estudios centrados en mobile-learning que manifiestan la necesidad de desarrollar dispositivos móviles y aplicaciones para docencia (Kramer, 2009; Naismith et al., 2004). Aunque las aplicaciones docentes llevan años usándose en ordenadores portátiles y de sobremesa, ha sido el salto a dispositivos móviles lo que va a permitir incorporar esta tecnología a prácticamente cualquier aula. Además, la experiencia de uso que ofrecen estos dispositivos es mucho más cómoda y cada vez resulta más familiar tanto a alumnos como a profesores.

El uso de tecnología móvil para la enseñanza y el aprendizaje es una de las áreas de investigación con mayor interés en los últimos años (Collins, 1996; Frohberg, 2002; Preece, 2000; Vavoula, et al., 2009). Inicialmente el foco de la investigación ha estado más centrado en el uso de tecnología para evaluar a los alumnos o difusión de contenidos multimedia. Recientes estudios (Couldby et al., 2011) han comprobado como el uso de dispositivos móviles (por ejemplo, PDAs) ha mejorado el rendimiento de los alumnos gracias a herramientas de autoevaluación y planificación por objetivos.

Debido al desarrollo hardware de nuevos dispositivos móviles (como smartphones y tabletas) que permiten la ejecución de aplicaciones de realidad aumentada, la enseñanza está experimentando una gran revolución porque es posible enseñar a los alumnos a través de experiencias e interacción:

- El alumno puede mover libremente la cámara del dispositivo para ver cualquier vista de un modelo 3D.
- El alumno puede interactuar con el menú de la aplicación a través de su interfaz táctil para cargar ejercicios o problemas.
- El alumno puede mover libremente los marcadores con las piezas del modelo 3D.

- El alumno puede interactuar con botones virtuales asociados al marcador que oculten o muestren diferentes elementos del modelo 3D.

El estudio de la idoneidad de la RA en la enseñanza de la geometría descriptiva se hará usando una aplicación informática diseñada en SDK Vuforia (Qualcomm) de tal manera que se puedan importar modelos 3D complejos con un excepcional rendimiento en dispositivos móviles y se consiga una gran estabilidad en el rastreo de marcadores, circunstancia que posibilitará la interacción en tiempo real ocultando partes de dichos modelos. Además de los dispositivos y la aplicación en sí, la realidad aumentada requiere el uso de marcadores que integren el modelado virtual en el mundo real. Por ello, el proyecto también cubrirá la confección de un cuadernillo de ejercicios que contenga los marcadores y las láminas con las proyecciones de las figuras.

2. **Objetivos** (concretar qué se pretendió con la experiencia).

La aplicación informática DiedricAR, que se diseñó y codificó en el presente proyecto, permitió determinar la idoneidad de la Realidad Aumentada para alcanzar los siguientes objetivos:

- Facilitar al profesor la explicación de conceptos teóricos y prácticos de la geometría descriptiva.
- Mejorar la destreza del alumno en la visión espacial facilitando la interpretación de modelos 3D.
- Conseguir que el proceso de enseñanza y aprendizaje sea ubicuo gracias a la portabilidad que ofrecen los dispositivos móviles (tabletas y smartphones).

3. **Descripción de la experiencia** (exponer con suficiente detalle lo realizado en la experiencia).

Gracias a la Realidad Aumentada, DiedricAR ofrece al alumno nuevos tipos de interacción con los elementos geométricos visualizados que son muy eficaces para adquirir destrezas en la percepción espacial en base a experiencias donde tiene un papel activo. La adaptación a *tablets* y *smartphones* tiene ventajas que van más allá de la ubicuidad, como: (I) el fácil acceso para los estudiantes, (II) el bajo coste y (III) la facilidad de uso.

Las pruebas que se han realizado demuestran que el rendimiento y estabilidad del software en dispositivos de gama media (procesadores de un núcleo y pantalla normal) resulta apropiado y en los de gama alta (procesadores de doble núcleo y pantalla de alta resolución) resulta excelente. La experiencia de uso de la aplicación se ve condicionada por tres aspectos fundamentales: (I) el procesador del dispositivo móvil que va a determinar los tiempos de respuesta de la aplicación, (II) la resolución de la pantalla que va a repercutir en la representación del modelado, y (III) el diseño de los marcadores que repercute notablemente en la robustez en las rutinas de detección y tracking. Desde el punto de vista de la experiencia de usuario, se considera la resolución de pantalla un factor más crítico que el propio rendimiento o la capacidad de procesamiento del dispositivo, que responde bien incluso con el modelo Samsung Galaxy GT i-5800 (que tiene un hardware más limitado y fue fabricado en 2010). En cualquier caso, las mejoras continuas que están experimentando estos dispositivos harán que estas dos limitaciones se superen.

La principal ventaja que ofrece DiedricAR respecto al resto de sistemas citados como antecedente (tabla 1) son: (1) es la única plataforma enfocada a dispositivos móviles y por tanto la que ofrece a los estudiantes un uso más ubicuo y autónomo, (2) es la única que aborda el tema específico del Diédrico con ejercicios interactivos donde ver el desarrollo paso a paso.

	Construct3D	ARIFLite	RA Cálculo Multivariable	AR Dehaes	DiedricAR
Materia	Matemáticas y Geometría descriptiva	Ingenierías y patrimonio	Matemáticas y Geometría descriptiva	Geometría descriptiva	Geometría descriptiva / Diédrico
Plataforma	Windows Server	Windows	Windows	Windows	Android / iPhone
Hardware	Servidores, HMDs, cueva inmersiva	PC con webcam	PC y Gafas de RA	PC con webcam	Smartphones y tablets
Interacción	HDM, Panel e instrumentos con sensores	Ratón, teclado, marcadores	Ratón, teclado, marcadores	Ratón, teclado, marcadores	Interfaz táctil, marcadores
Materiales didácticos	No	No	No	Cuaderno de ejercicios / Aplicación interactiva	Cuaderno de ejercicios

Tabla 1. Resumen de características de DiedricAR y los sistemas citados como antecedentes.

Su principal limitación es que al tratarse de un prototipo tiene muy pocos ejercicios

Como explica (Navarro et al., 2004) en los primeros cursos de ingeniería existen alumnos con diferente capacitación sobre visión espacial. Esta aplicación puede ser una ayuda adicional para que aquellos que tengan un nivel bajo, que estos autores estima en un 20% del total, puedan entrenarse fuera del aula conforme a sus necesidades, mientras que el resto de alumnos pueden usar la aplicación para trabajar algún aspecto más concreto.

4. **Materiales y métodos** (describir el material utilizado y la metodología seguida).

Diseño de modelos 3D y marcadores

Las figuras tridimensionales que representan los ejercicios se han diseñado partiendo de las láminas de ejercicios seleccionadas por los profesores del Área de Expresión Gráfica.

El proceso de trabajo ha sido el siguiente:

1. Modelado con Autocad 2012 partiendo de las láminas en formato DWG.
2. Importación del modelado con 3D Studio Max 2012 para asignar materiales y darle grosor a las aristas de las geometrías.
3. Generación de un fichero DAE (*Digital Asset Exchange*) con el plugin de OpenCollada.

Aplicación DiedricAR

- **Definición de la aplicación DiedricAR**

Se ha diseñado un sistema sencillo y robusto, que ofrece a los usuarios una información clara y concisa gracias a un fácil manejo del mismo. Esto incrementa el nivel de comprensión de los alumnos y la mejor de sus destrezas de percepción espacial.

La aplicación ofrece una interacción de “interfaz tangible con marcadores”. El usuario manipula un elemento real al que se le ha colocado un marcador, y los resultados son reflejados en los movimientos del correspondiente objeto virtual asociado.

Se ha desarrollado un *MARS* (sistema móvil de RA) compuesto por los dispositivos, la aplicación *DiedricAR* y el cuaderno con marcadores (fig.1).

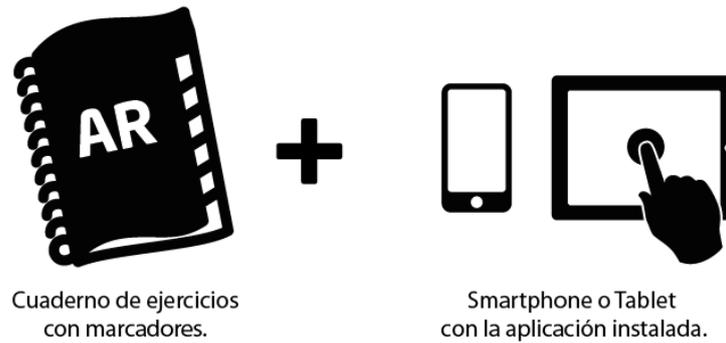


Figura 1. Elementos de interacción del sistema móvil de RA4 (MARS).

DiedricAR es capaz de identificar e indicar al usuario qué ejercicio hay asociado al marcador que está reconociendo en cada momento porque todos los marcadores y modelos están en el mismo *dataset*. *Vuforia* sólo permite un *dataset* cargado en tiempo de ejecución. En la versión de la aplicación presentada en este trabajo no cuenta con un número excesivo de ejercicios, pero más adelante sería interesante tratar de optimizar la carga de la aplicación dividiendo los ejercicios en diferentes *datasets* para optimizar el uso de memoria, aunque esto tendrá como contrapartida que sea el usuario quien indique a la aplicación el *dataset* que quiere que se cargue (esto se podría hacer de forma intuitiva, asociando cada *dataset* a un bloque de materia que el usuario pueda seleccionar de un menú).

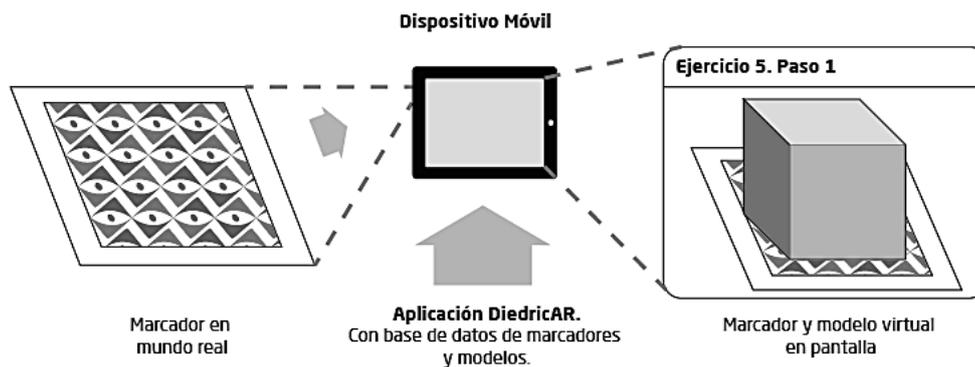


Figura 2. Descripción del sistema *DiedricAR*.

DiedricAR permite visualizar e interactuar a través de marcadores (fig. 2) con los dos tipos de ejercicios propuestos:

a) **Problemas de diédrico.** Cada problema tiene tres etapas: (I) Enunciado, (II) Pasos intermedios (serán entre 2 y 3) y (III) Solución. El alumno cuenta con las láminas en todo momento que podrá ir comparando con la recreación virtual del problema en 3D. Cada marcador incorporará unos botones con los que se puede interactuar mediante oclusión para controlar qué paso del problema se visualiza con la aplicación (fig. 3). El cuaderno cuenta además con explicaciones para resolver cada paso.

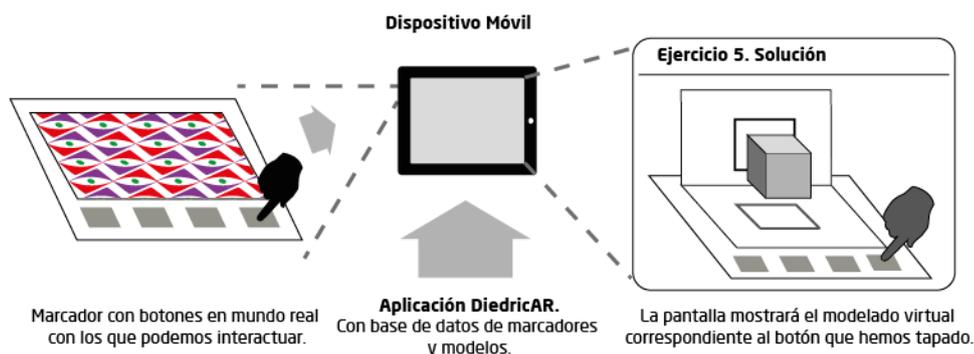


Figura 3. Interacción con marcadores sobre botones virtuales.

b) **Vistas de una pieza.** La aplicación permite ver al alumno la pieza en 3D y así cotejar las tres vistas que facilita el cuaderno. La principal ventaja que aporta la aplicación de RA es que cambiando la posición del dispositivo respecto al marcador se puede ver cualquier parte de la pieza.

Como se puede apreciar en la figura 4, la organización de contenidos de la aplicación sería funcional (aunque tiene dos apartados de contenidos –Ayuda y Sobre DiedricAR).

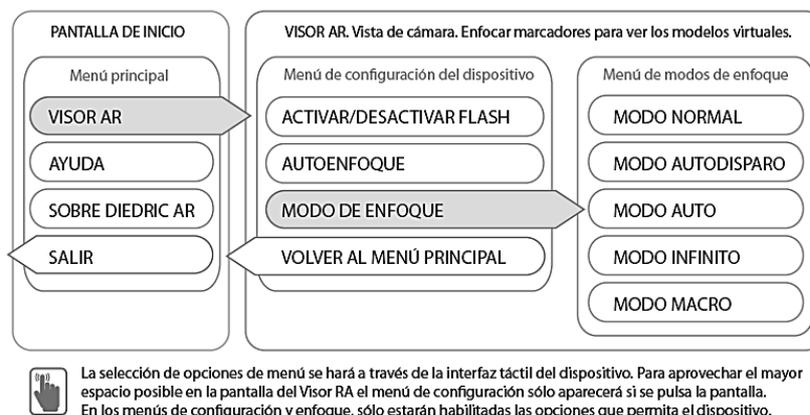


Figura 4. Organización de la aplicación DiedricAR.

• Pruebas de desempeño y experiencia de usuario sobre dispositivos

Para las pruebas hemos empleado varios dispositivos, *tablets* y *smartphones*, de diferentes gamas, a fin de testear su rendimiento y la experiencia de usuario que ofrece la aplicación. Los aspectos que se han medido son:

- *Tiempo de carga de aplicación.* Se ha medido el tiempo que requiere la aplicación para ejecutarse, es decir el tiempo que tarda en aparecer la pantalla menú principal desde que se pulsa el icono de la aplicación. Se han hecho 5 mediciones en cada dispositivo y estimar el tiempo medio.
- *Rendimiento.* Se ha medido la respuesta del dispositivo en rutinas de detección de marcadores, interacción con botones virtuales, tracking y renderizado de modelos.
- *Visualización.* Se ha analizado la representación de los modelos virtuales con los ejercicios.
- *Experiencia de usuario.* Es la suma de los factores comentados anteriormente, que deben permitir que el usuario pueda utilizar la aplicación para el fin que ha sido diseñada.

5. **Resultados obtenidos y disponibilidad de uso** (concretar y discutir los resultados obtenidos y aquéllos no logrados, incluyendo el material elaborado y su grado de disponibilidad).

Diseño de contenidos

Creación de modelos y marcadores

Se han creado seis modelos, ejemplos de los cuales aparecen representados en la siguiente figura (fig. 5)

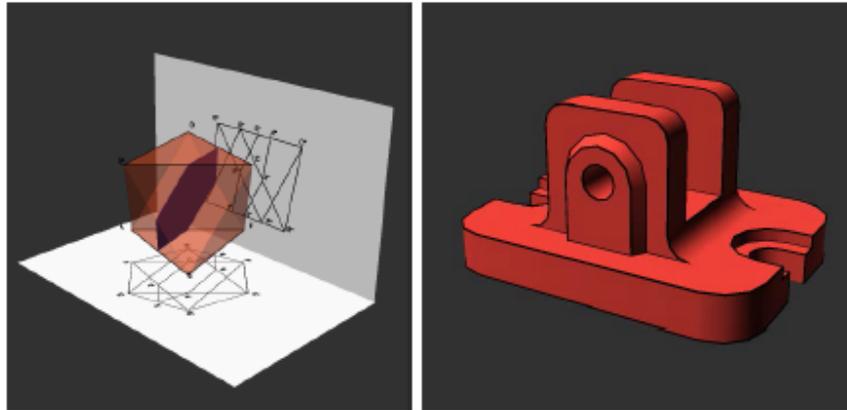


Figura 5. (I) Vista de modelado de problema de diédrico por pasos. (II) Vista de modelado de pieza para estudiar sus vistas

Siguiendo las premisas de diseño descritas en el punto anterior, se han elaborado seis marcadores, cuatro de los cuales tienen asociados botones virtuales. Vuforia extrae la información de los marcadores como puntos (denominados *features*) y la codifica para generar un *dataset* (fig. 6). Esta librería, además de un excelente desempeño soporta oclusión parcial de marcadores y admite interacción mediante botones.

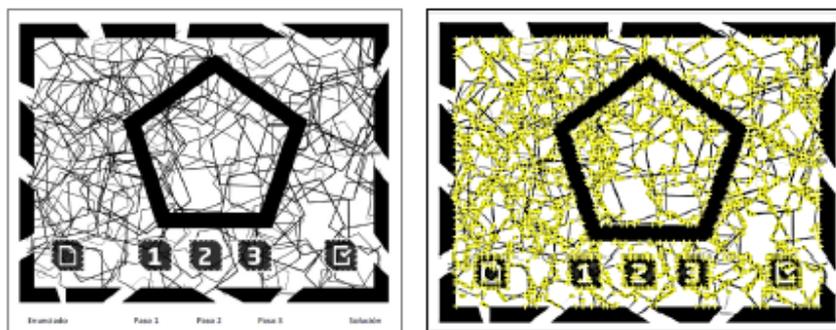


Figura 6. (I) Muestra de marcador para problema de Diédrico dividido en paso con botones para elegir paso. (II) Muestra de marcador con las características (*features*) que codifica la librería.

- **Cuaderno de trabajo**

El formato del cuaderno es A4 para que pueda ser impreso fácilmente por los alumnos. El cuaderno de trabajo contiene los problemas enunciados y resueltos (figs. 7, 8, 10 y 11) en diferentes láminas así como los marcadores de RA. Los marcadores se han introducido considerando que la impresión será a esa escala para poderse visualizar correctamente (figs. 9 y 11).

a) Problemas de Diédrico

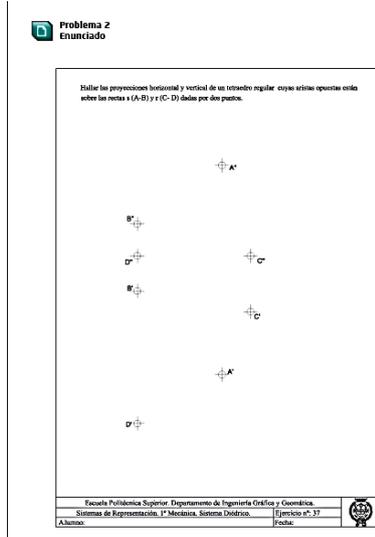


Figura 7. Lámina con el enunciado del problema.

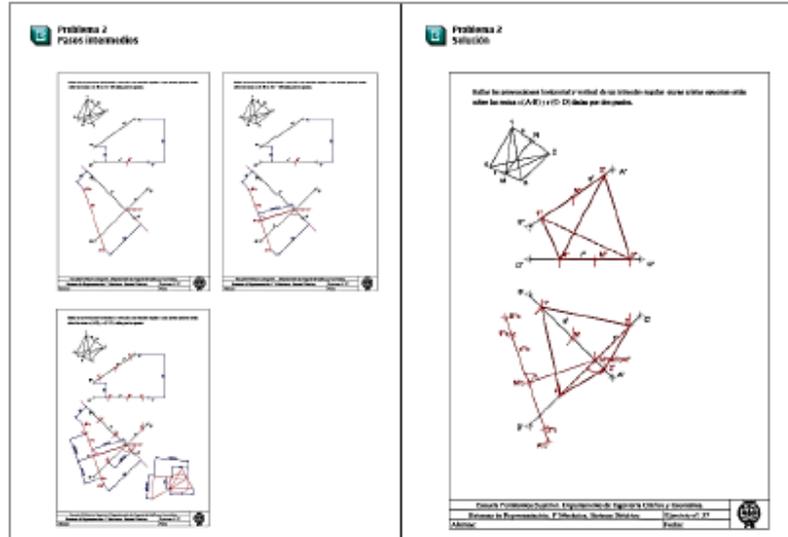
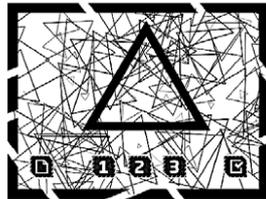


Figura 8. Láminas con pasos intermedios y solución

AR Problema 2
Marcador DiédricoAR



Pulse los botones colocados sobre el marcador para ver el paso deseado del problema.

AR Problema 2
Descripción de los pasos

- Ver Enunciado**
Hallar las proyecciones horizontal y vertical de un tetraedro regular cuyas aristas opuestas están sobre las rectas r (A-B) y s (C-D) dadas por dos puntos.
- 1 Ver Paso 1**
a) Se determinan las proyecciones del punto medio (M) de la arista del tetraedro situada sobre la recta horizontal r . En proyección horizontal concidirá con el punto de corte de las rectas r y s que continen a las aristas opuestas, al ser r una recta horizontal y aplicar el teorema de los tres perpendiculares.
- 2 Ver Paso 2**
a) Se hace un cambio de plano para posicionar la recta r de punta, con objeto de obtener la mínima distancia entre las dos aristas opuestas, segmento MN que se determina en posición y magnitud.
- 3 Ver Paso 3**
a) Conocida la mínima distancia se calcula el valor de la arista del tetraedro usando la relación métrica correspondiente.
b) Llevando la mitad del valor de la arista a partir de M y N sobre r y s respectivamente se obtienen los cuatro vértices del tetraedro.
- Ver Solución**

Figura 9. Lámina con marcador de RA y explicación de los pasos.

b) Vistas de una pieza

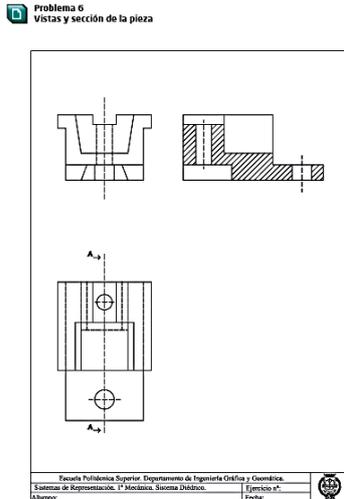


Figura 10. Lámina con enunciado y vistas de la pieza

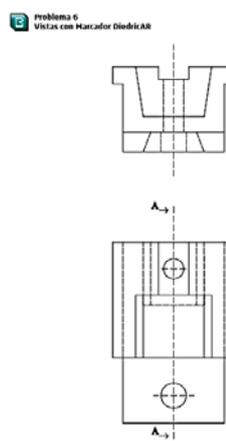
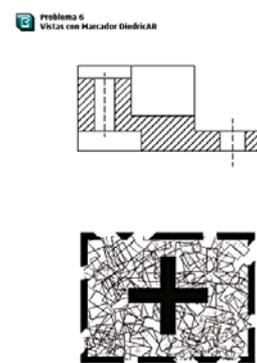


Figura 11. Marcador de RA integrado con las vistas de la pieza (para que la pieza virtual tenga la misma escala que las vistas).



6. **Utilidad** (comentar para qué ha servido la experiencia y a quiénes o en qué contextos podría ser útil). La utilidad principal de este trabajo proviene del cuaderno de trabajo elaborado siguiendo el paradigma de *libro mágico* o libro aumentado, usando dispositivos móviles como visores de RA, con marcadores que permite la visualización 3D y la interacción con los modelos a través de controles virtuales y la interfaz táctil de los dispositivos.

El cuaderno de ejercicios ha sido diseñado con la siguiente estructura:

- Introducción. Un pequeño resumen sobre la utilidad de la aplicación DiedricAR.

- Cuaderno de problemas

- Ejercicios de Diédrico (4 problemas): Este tipo de problemas viene resuelto por pasos. Cada ejercicio cuenta con una lámina de enunciado, las láminas de cada paso con las instrucciones para llegar a la solución, la explicación de los pasos y un marcador para ver cada ejercicio de forma virtual.
- Ejercicios de Vistas de una pieza (2 problemas): Este tipo de ejercicios tiene una lámina con las vistas normalizadas y un marcador que permite ver la pieza a la misma escala que las vistas para poder cotejar el modelo virtual con las vistas proyectadas.

- Manual de la aplicación. Aunque todo el material pretende ser autoexplicativo se incluye un breve manual que describe el funcionamiento de la aplicación y sus marcadores.

- Instalación y requisitos mínimos. Explica a los alumnos qué requisitos mínimos requiere para poderse instalar y ejecutar.

7. **Observaciones y comentarios** (comentar aspectos no incluidos en los demás apartados).

Los avances derivados de este proyecto de innovación educativa han sido difundidos a través de trabajo fin de máster presentado en el actual curso 2012/12 en el máster de Sistemas Inteligentes de la Universidad de Córdoba.

8. **Bibliografía.**

Collins, B. (1996). Tele-learning in a digital world: the future of distance learning. International Thompson Computer Press. London.

- Coulby, C., Hennessey, S., Davies, N., Fuller, R. (2011). The use of mobile technology for work-based assessment: the student experience. *British Journal of Educational Technology*, 42(2):251-265.
- Frohberg, D. (2002). Communities- the MOBIlearn perspective. Workshop on ubiquitous and mobile computing for educational communities: enriching and enlarging community spaces, international conference on communities and technologies, Amsterdam, 19 September 2003. Retrieved February 10, 2009, from <http://www.idi.ntnu.no/~divitini/umocec2003/Final/frohberg.pdf>
- Jerz, R. (2002). Redesigning engineering graphics to include CAD and sketching exercises. ASEE Annual Conference Proceedings. Montreal (Canada).
- Johnson, L., Smith, R., Willis, H., Levine, A., Haywood, K. (2011). The 2011 Horizon Report. The New Media Consortium. Austin (EEUU)
- Kramer, M. (2009). Deciphering the future of learning through daily observation. Paper presentation, 3rd WLE Mobile Learning Symposium: Mobile learning Cultures across Education, Work and Leisure, 27 March, WLE Centre, IOE London.
- Naismith, L., Lonsdale, P., Vavoula, G., Sharples, M. (2004). Report 11: Literature review in mobile technologies and learning. A report for NESTA Futurelab. University of Birmingham. Retrieved February 3, 2009, from http://futurelab.org.uk/research/reviews/reviews_11_and12/11_02.htm
- Navarro, R., Saorín, J.L., Contero, M., Piquer, A., Conesa, J. (2004). El desarrollo de las habilidades de visión espacial y croquis en la ingeniería de producto. VIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Bilbao.
- Preece, J. (2000). *Online communities: designing usability, supporting sociability*. Wiley. Chichester (RU).
- Strong, S., Smith, R. (2001). Spatial visualization: fundamentals and trends in engineering graphics. *Journal of Industrial Technology*, 18(1):1-6. Disponible en <http://www.nait.org/jit/Articles/strong122001.pdf>
- Vavoula, G., Pachler, N., Kukulska-Hulme, A. (2009). *Researching mobile learning: frameworks, tools and research designs*. Peter Lang. Oxford (RU).
- Vuforia™ Augmented Reality SDK 1.5. Qualcomm. <http://www.qualcomm.com/solutions/augmented-reality>
- Yue, J., Chen, D.M. (2001). Does CAD improve spatial visualization ability?. ASEE Annual Conference Proceedings, Albuquerque (EEUU).

Córdoba a 10 de julio de 2013

Fdo.: Eduardo Gutiérrez de Ravé Agüera