

# PROYECTO EDUCIR: ENTORNO DIDÁCTICO DE BAJO COSTE PARA FORMACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE CIRUGÍA GUIADA POR IMAGEN Y ROBÓTICA

P. Sánchez González <sup>1\*</sup>, B. Rodríguez-Vila<sup>1</sup>, E.J. Gómez<sup>1</sup> y A. Gutiérrez <sup>1</sup>

1: Departamento de Tecnología Fotónica y Bioingeniería  
ETSI de Telecomunicación. Centro de Tecnología Biomédica  
Universidad Politécnica de Madrid  
e-mail: psanchez@gbt.tfo.upm.es

**Resumen.** *Esta comunicación presenta los resultados del proyecto de innovación educativa EDUCIR, en el que se ha desarrollado un nuevo entorno didáctico de bajo coste para la formación ingenieril de temáticas de cirugía guiada por imagen y robótica. Con este entorno se pretende mejorar la motivación y autonomía del alumnado, que hasta el momento se hallaba acotada debido al alto componente teórico de las sesiones impartidas. El entorno está formado por un phantom, una herramienta software, un sistema robótico y un manipulador que permite obtener una realimentación háptica. Se ha llevado a cabo una experiencia piloto en la asignatura de cuarto curso “Simulación y planificación quirúrgica” del Grado de Ingeniería Biomédica de la Universidad Politécnica de Madrid. Los resultados de las encuestas llevadas a cabo muestran que la nueva metodología mejora en todos los casos los valores obtenidos usando la metodología clásica basada en la clase magistral y prácticas.*

**Palabras clave:** Aprendizaje experiencial, Calidad en la enseñanza, Metodología Aprendizaje Orientado a Proyectos, Aula Invertida-Flipped classroom, Robótica

## 1. Introducción

La cirugía guiada por imagen (CGI) es el término genérico usado para cualquier procedimiento donde el cirujano usa instrumental quirúrgico localizado espacialmente, junto con imágenes médicas, preoperatorias o intraoperatorias, y/o modelos virtuales generados a partir de ellas para guiar el procedimiento quirúrgico. Los sistemas de cirugía guiada por imagen usan sistemas de posicionamiento mecánico, óptico, acústico y/o electromagnético para capturar la anatomía del paciente y relacionar los movimientos del cirujano con ésta, permitiendo la visualización en pantallas dentro del quirófano.

La cirugía robótica o cirugía asistida robóticamente (CAR) son términos usados para referirse a desarrollos tecnológicos que usan sistemas robóticos para asistir en procedimientos quirúrgicos. En este caso, en vez de mover directamente el instrumental quirúrgico, el cirujano usa un tele-manipulador para controlar los instrumentos de forma remota.

Hasta el momento, las asignaturas relacionadas con CGI y CAR impartidas en los grados y másteres de ingeniería biomédica de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) tienen un enfoque mayoritariamente teórico. De esta manera, los alumnos no adquieren conocimientos prácticos a través de la utilización de los conceptos teóricos en el desarrollo de aplicaciones reales. Así, las metodologías que se suelen aplicar constan de unas sesiones en las que se presentan los conocimientos teóricos que se desea que adquiera el alumno, y en el mejor de los casos, unas sesiones prácticas guiadas en las que el alumno puede observar el resultado de aplicar esos conocimientos teóricos a un caso concreto.

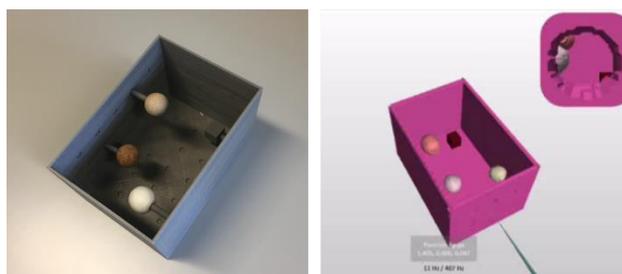
Con este entorno de formación piloto, se pretende mejorar la motivación del alumnado, así como su autonomía, involucrándolo directamente en su formación mediante el uso de una metodología didáctica que parte de la idea del aprendizaje experimental, en el que el alumno aprende haciendo. El principal problema para el uso extensivo de metodologías pedagógicas más activas en la docencia de CGI y CAR radica en que estos sistemas, comerciales o en investigación, usan tecnologías excesivamente caras. Sin embargo, los conceptos básicos que subyacen pueden ser replicados en versiones simplificadas, sin tener que tener un objetivo clínico real ni por lo tanto restricciones de precisión y/o seguridad.

## 2. Entorno de formación EDUCIR

Los entornos software reales de simulación en cirugía son demasiados complejos y tienen un coste demasiado elevado para que puedan ser usados en la formación de alumnos de ingeniería biomédica. Por ello, este trabajo ha propuesto el desarrollo de un entorno de simulación quirúrgica simplificado, de uso no clínico, que permita el movimiento de una única herramienta en un grado de libertad (inserción/extracción). El entorno pedagógico completo consta de 4 componentes, que se describen a continuación.

### 2.1 Phantom físico

Este phantom físico está formado por un cubo rectangular ensamblado obtenido mediante impresión 3D usando PLA. Las dimensiones son 140 x 210 x 140 mm. Además, en el interior del phantom, se dispone de muescas circulares de 10 mm de diámetro dispuestas de manera regular cada 30 mm, donde se encajan los objetos que se insertan en el interior de la caja. Como objetos, se cuenta con diferentes materiales (PLA, corcho, madera y poliexpan) y formas geométricas (cubo, esfera, cilindro). De este phantom se obtienen las imágenes médicas CT y sirve como base para crear los modelos virtuales 3D (Fig 1). Con esto se pretende que los alumnos entiendan el papel fundamental que desempeñan las imágenes médicas, así como su procesamiento y análisis, en la planificación y navegación en cirugía de mínima invasión guiada por imagen.



**Figura 1.** (izq.) Phantom físico y (der.) ejemplo de visualización de los modelos virtuales.

### 2.2 Herramienta software de realidad virtual

Es en este componente donde se introducen los modelos virtuales, incluyendo los órganos de interés y las herramientas para la interacción. Dadas las necesidades del entorno pedagógico que se pretende construir, la herramienta software seleccionada debe cumplir diversas características para cubrir las necesidades del sistema: (1) carga y visualización de imágenes médicas; (2) procesamiento de imagen, más específicamente la segmentación; (3) creación y visualización de modelos virtuales; (4)

interacción del usuario con los modelos; (5) detección de colisiones en la interacción entre modelos virtuales; (6) realimentación háptica. La simulación de realidad virtual se desarrolla usando Chai3D. Con esta herramienta se pretende que los alumnos lleguen a apreciar los fundamentos y los conceptos claves de una simulación.

### 2.3 Componente robótico

El sistema robótico que se plantea para el entorno pedagógico es un robot con un único grado de libertad que permita la inserción/extracción de una herramienta cilíndrica (simulado una aguja) a través de alguno de los orificios del phantom.

El sistema robótico está formado por un motor que mueve una aguja a lo largo de un único eje. El motor está controlado por un microcontrolador Arduino conectado al entorno de simulación. De esta manera, el movimiento del dispositivo háptico se traduce en una inserción/extracción de la aguja. Este sistema permite a los alumnos relacionar los eventos que ocurren en el mundo virtual en la herramienta software y la realidad física, de forma que capten las ideas claves de una cirugía robótica.

La interacción del usuario con la herramienta asociada al sistema robótico debe realizarse a través de un dispositivo háptico que tenga al menos un grado de libertad. Como dispositivo de realimentación háptica para la integración de todo el sistema se ha seleccionado un sistema comercial de bajo coste orientado al mundo de los videojuegos, Novint Falcon (Novint Technologies, Inc.) (Fig 2).



**Figura 2.** Novint Falcon, en primer plano, con el sistema robótico y el phantom en segundo plano.

### 3. Conclusiones

Las metodologías tradicionales basadas en clases magistrales y prácticas para la formación de ingenieros en conceptos de CGI y CAR se están reemplazando por otras que fomenten la motivación y autonomía de los alumnos. En este sentido, se ha desarrollado un entorno didáctico de bajo coste y se ha llevado a cabo una experiencia piloto en la asignatura de "Simulación y Planificación Quirúrgica" del Grado en Ingeniería Biomédica de la Universidad Politécnica de Madrid. Los resultados obtenidos han sido positivos y animan al profesorado a continuar trabajando en esta línea del aprendizaje experimental, en el que el alumno aprende haciendo.