

# Alternativa a los dispositivos hápticos para simulación virtual de laparoscopia: Razer Hydra

JB. Pagador Carrasco<sup>1</sup>, JC. Gómez Blanco<sup>1</sup>, FM. Sánchez Margallo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Unidad de Bioingeniería y Tecnologías Sanitarias, Centro de Cirugía de Mínima Invasión Jesús Usón, Cáceres, España, {jbpagador,jcgomez}@ccmijesususon.com

<sup>2</sup> Dirección Científica, Centro de Cirugía de Mínima Invasión Jesús Usón, Cáceres, España, msanchez@ccmijesususon.com

## Resumen

*La simulación virtual en laparoscopia mejora las habilidades de los cirujanos en formación, pero su utilización durante el proceso formativo no está ampliamente extendida principalmente por dos razones: 1) las limitaciones actuales en el realismo táctil, que conllevan 2) una relación coste-beneficio desproporcionada de los simuladores virtuales debido, entre otras razones, al elevado coste de los dispositivos hápticos. Por esta razón, el presente trabajo se centra en el análisis técnico de las características de un periférico de videojuegos, el sistema Razer Hydra, para su posible aplicación como dispositivo de interacción del cirujano en un simulador virtual de laparoscopia.*

*En concreto, se analizan las funcionalidades del periférico (posibilidades de interacción del cirujano y su similitud con el instrumental quirúrgico ergonómico) y el grado de precisión de su sistema de seguimiento electromagnético, como paso previo al desarrollo de una librería de programación que permita su integración en diferentes simulador virtuales de laparoscopia u otros sistemas de entrenamiento quirúrgicos.*

*El error de fluctuación obtenido es  $0.09 \pm 0.04$  mm (posición),  $0.07 \pm 0.01$  grados en el eje X,  $0.10 \pm 0.02$  grados en el eje Y y  $0.06 \pm 0.01$  grados en el eje Z (orientación). Por otro lado, la opinión preliminar del grupo de cirujanos expertos es positiva: comodidad de la pinza 4.47 y funcionalidad de la pinza 3.46.*

*En conclusión, los resultados preliminares presentados en este estudio apoyan la hipótesis de que el periférico Razer Hydra puede convertirse en una alternativa viable por precisión y funcionalidad a los actuales dispositivos hápticos utilizados en los simuladores virtuales de laparoscopia.*

## 1. Motivación

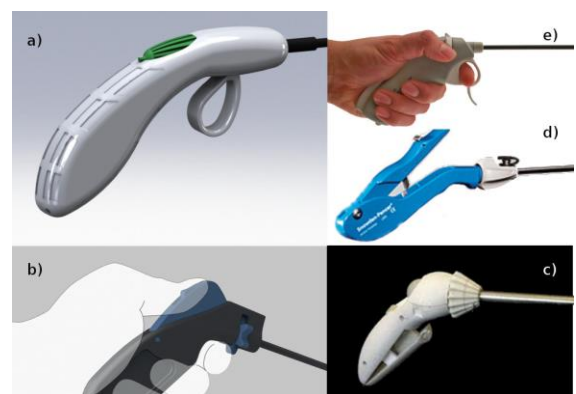
Aunque la utilidad de los simuladores virtuales de laparoscopia está ampliamente demostrada [1], su implantación actual en los modelos de formación está lejos de convertirse en un estándar principalmente por una razón: la relación coste-beneficio que aportan los sistemas actualmente en el mercado dentro del proceso formativo.

En algunas disciplinas como la radiología intervencionista o la endoscopia, el grado de realismo de los dispositivos hápticos utilizados es más que adecuado para simular procedimientos quirúrgicos complejos [2,3]. Este hecho justifica en parte el elevado coste de los simuladores virtuales y hasta cierto punto, debido a que incluso permiten realizar entrenamientos con modelos anatómicos de pacientes reales, también justifica su inclusión en los programas de formación de cirujanos. Sin embargo, en

laparoscopia el grado de realismo (principalmente la retroalimentación de fuerzas) no ha conseguido aún satisfacer las expectativas de los cirujanos y por tanto, aunque existe una gran oferta de simuladores virtuales de laparoscopia, los cirujanos siguen prefiriendo el entrenamiento con sistemas que permitan una interacción física, como simuladores físicos o híbridos [4].

Por lo tanto, hasta que los dispositivos hápticos con retroalimentación de fuerzas consigan cumplir los requisitos solicitados por los cirujanos laparoscópicos, la utilización de otro tipo de interfaces de usuario o periféricos que permitan una interacción fluida entre el cirujano y el entorno de simulación con una relación coste-beneficio más razonable pueden ser la solución. En este sentido, se plantea la utilización de un dispositivo periférico del entorno de los videojuegos denominado Razer Hydra que utiliza tecnología de seguimiento electromagnética y que según nuestra opinión posee todas las características para resolver el principal cuello de botella existente en la democratización de los simuladores virtuales de laparoscopia: el elevado coste de los dispositivos hápticos que se usan actualmente.

La decisión de utilizar el periférico Razer Hydra en este trabajo se debe a la gran similitud del dispositivo con el instrumental laparoscópico ergonómico que viene apareciendo en los últimos años (figura 1), tanto prototipos desarrollados en proyectos de investigación [5], como productos comerciales como Volargrip<sup>®</sup>, Intuitool<sup>®</sup>, Snowden-Pencer<sup>®</sup> o W-Singleport<sup>®</sup>.



**Figura 1.** Diferentes modelos de instrumental laparoscópico ergonómico: a) Ergolap, b) W-singleport<sup>®</sup>, c) Intuitool<sup>®</sup>, d) Snowden Pencer<sup>®</sup>, e) Volargrip<sup>®</sup>.

En concreto, en este trabajo se analizarán las características del periférico Razer Hydra para su utilización como interfaz de entrada en un futuro simulador virtual de bajo coste. Adicionalmente, se desarrollará un estudio para comprobar la precisión del dispositivo en condiciones similares a las que se reproducirán en un entorno de entrenamiento de laparoscopia.

## 2. Metodología

### 2.1. El sistema Razer Hydra

El dispositivo Razer Hydra es un periférico de ordenador diseñado para el sector de los videojuegos, con conexión USB y controladores oficiales para Windows XP/Vista/7 (figura 2). El distribuidor Razer™ especializado en sistemas de videojuegos ofrece una aplicación para la configuración del dispositivo utilizando un archivo de configuración compatible con múltiples juegos actualmente. Además el fabricante del sistema Sixense™ pone a disposición de los desarrolladores una librería de programación (Sixense Core API) con plugin de Unity 3D incluido y están trabajando en varios entornos de desarrollo integrador (SixenseVR SDK y Sixense App SDK) que según su página web estará disponibles en breve [6].



**Figura 2.** Periférico de videojuegos Razer Hydra. a) gatillo frontal, b) joystick superior, c) botones adicionales.

### 2.2. Análisis de las características técnicas

El periférico Razer Hydra utiliza para su funcionamiento tecnología electromagnética, generando un campo magnético de baja intensidad que le permite detectar los mandos de control con una precisión inferior a milímetros (posición) y grados (orientación) según la información proporcionada por el fabricante. En concreto, el sistema de seguimiento electromagnético ofrece 6 grados de libertad y cada controlador posee un gatillo frontal con respuesta gradual (figura 2.a), un joystick superior (figura 2.b) y varios botones adicionales (figura 2.c) que conforman un sistema con todas las características necesarias para recrear las funcionalidades del instrumental laparoscópico ergonómico.

En una primera valoración de los cirujanos, tanto la forma del dispositivo como la forma de interacción con los diferentes controles resultan correctas, siendo su aspecto ergonómico uno de los aspectos más apreciados. Dicha evaluación preliminar se realizó mediante una encuesta de opinión (escala Likert) a cuatro cirujanos expertos, con preguntas referentes a la comodidad y funciones disponibles en el instrumental ergonómico virtual.

Para analizar la precisión del dispositivo se utilizó un protocolo similar al descrito en [4], fijando uno de los mandos del Razer Hydra sobre una pieza de lego y colocando el dispositivo en diferentes posiciones preestablecidas. El error de fluctuación en la posición se analizó en un espacio de trabajo compuesto por 49 celdas (superficie de 7x7 celdas), utilizando por otro lado rotaciones de 90° para el análisis del error de fluctuación en la orientación de los tres ejes posibles (4 rotaciones por cada eje).

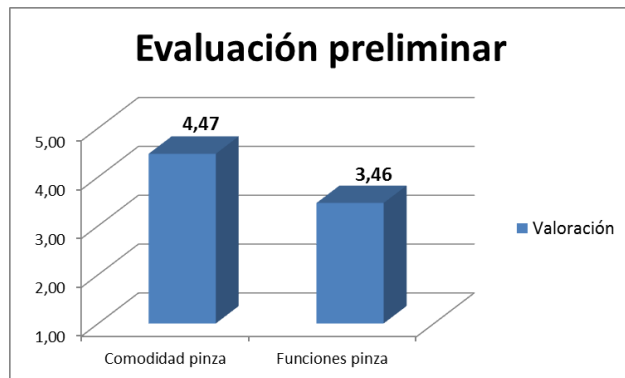
## 3. Resultados

Antes de realizar una validación formal del periférico Razer Hydra siguiendo los protocolos establecidos, nos interesa conocer si el grado de precisión del dispositivo en las condiciones de entrenamiento de un procedimiento laparoscópico se correspondían con las indicaciones del fabricante. A continuación se presentan los resultados relativos a la evaluación preliminar de grupo de cirujanos expertos y el análisis del error de fluctuación.

### 3.1. Evaluación preliminar subjetiva

La valoración preliminar por parte de un grupo de cirujanos expertos nos ha indicado la idoneidad del dispositivo para reproducir las funcionalidades del instrumental laparoscópico ergonómico: 1) agarre y movimiento del instrumental, 2) apertura y cierre de la punta del instrumental y 3) rotación de la punta del instrumental (incluso posibilidad de simular puntas roticuladas).

En concreto, la valoración obtenida por el periférico Razer Hydra en cuanto a comodidad es de 4,47 y la capacidad de reproducir funciones del instrumental laparoscópico ergonómico se valoró con 3,46 (figura 3).



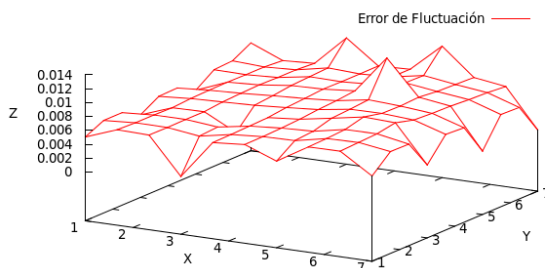
**Figura 3.** Puntuación subjetiva obtenida por el dispositivo Razer Hydra ante el grupo de cirujanos expertos.

Una vez conocido el interés de los cirujanos y previo al desarrollo software avanzado, se presentan los resultados de precisión del dispositivo.

### 3.2. Error de fluctuación

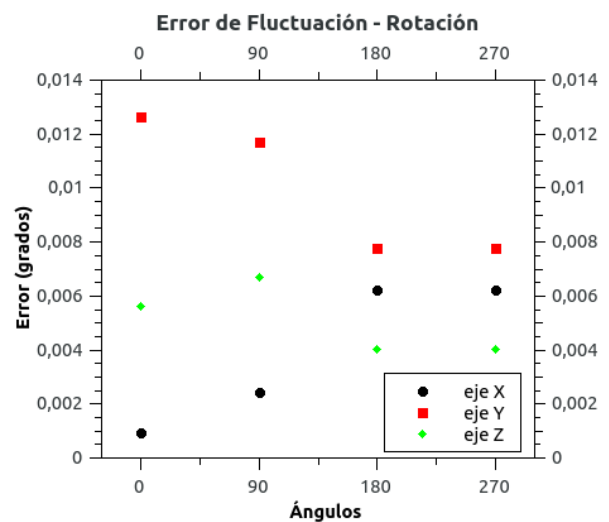
Los resultados obtenidos muestran un error de fluctuación en la posición del dispositivo de  $0.09 \pm 0.04$  mm, siendo los valores de los errores de fluctuación en la orientación correspondiente a cada uno de los ejes los siguientes: eje X,  $0.07 \pm 0.01$  grados; eje Y,  $0.10 \pm 0.02$  grados y eje Z,  $0.06 \pm 0.01$ .

La figura 4 muestra la representación gráfica del error de fluctuación cometido en cada celda de la superficie de trabajo analizada, siendo los valores máximos y mínimos los correspondientes a las celdas (6,3) y (3,1), respectivamente.



**Figura 4.** Error de fluctuación (mm) del dispositivo relativo a la posición.

Por otro lado, la figura 5 muestra los resultados del error de fluctuación cometidos en cada uno de los 4 ángulos analizados durante este estudio en los 3 ejes de rotación.



**Figura 5.** Error de fluctuación en la rotación (grados): eje X (punto), eje Y (cuadrado) y eje Z (rombo).

## 4. Discusión y conclusiones

En comparación con los resultados presentados por estudios previos de otros sistemas de seguimiento electromagnético [4,7], la precisión del dispositivo Razer Hydra (dentro de su rango de trabajo) es más que suficiente, desde nuestro punto de vista, para reproducir las funcionalidades del instrumental laparoscópico ergonómico en un entorno de simulación virtual.

Aunque el estudio de precisión del sistema deberá mejorarse para garantizar la robustez del sistema en el futuro, añadiendo entre otras cosas análisis volumétrico de la zona de trabajo (actualmente sólo se representa una superficie) y mayor número de ángulos, además de mediciones de errores relativos y el comportamiento del dispositivo ante distorsiones electromagnéticas, estos resultados preliminares apoyados en la opinión favorable de los cirujanos nos generan la garantía necesaria para continuar los desarrollos planificados.

Otro aspecto importante, es la diferencia sustancial entre parte del instrumental laparoscópico ergonómico disponible en la actualidad y la morfología y forma de uso del instrumental ergonómico virtual que sería posible crear con el periférico Razer Hydra. En este sentido, la mayoría de diseños ergonómicos de instrumental laparoscópico que están empezando a estar disponibles en el mercado utilizan conceptos similares a los ofrecidos por el periférico analizado, con lo cual según la opinión preliminar de los cirujanos consultados, esta diferencia podría incluso suponer una mejora sustancial durante el proceso formativo [8].

Aunque existen dispositivos, basados en tecnologías ópticas [9] o en sistemas de seguimiento basado en vídeo [10,11], que podrían utilizarse como dispositivos de interacción entre el cirujano y el simulador virtual, estos aún no tienen resuelta de forma efectiva la simulación de la apertura y cierre de la punta del instrumental o la rotación sobre sí mismo del vástago. Sin embargo, estos problemas pueden afrontarse de forma sencilla con el

periférico Razer Hydra. Es importante tener en cuenta, que el sistema planteado no es un háptico con retroalimentación de fuerzas, su utilización se plantea como un dispositivo háptico sin retroalimentación de fuerzas para su utilización en simuladores de laparoscopia de realidad virtual.

En definitiva, el estudio preliminar presentado parece apoyar la hipótesis de que el dispositivo Razer Hydra analizado podría suponer una alternativa efectiva (principalmente por su relación coste-beneficio) a otros dispositivos hápticos sin retroalimentación de fuerzas que se están utilizando actualmente en los simuladores virtuales de laparoscopia.

## Referencias

- [1] Diesen DL, Erhunmwunsee L, Bennett KM, Ben-David K, Yurcisin B, Ceppa EP, Omotosho PA, Perez A, Pryor A.. Effectiveness of laparoscopic computer simulator versus usage of box trainer for endoscopic surgery training of novices. *J Surg Educ*. 2011 Jul-Aug;68(4):282-9.
- [2] Ansell J, Mason J, Warren N, Donnelly P, Hawkes N, Dolwani S, Torkington J. Systematic review of validity testing in colonoscopy simulation. *Surg Endosc*. 2012 Nov;26(11):3040-52.
- [3] Kirkman MA, Ahmed M, Albert AF, Wilson MH, Nandi D, Sevdalis N. The use of simulation in neurosurgical education and training. *J Neurosurg*. 2014 Aug;121(2):228-46.
- [4] Pagador JB, Sánchez LF, Sánchez JA, Bustos P, Moreno J, Sánchez-Margallo FM. Augmented reality haptic (ARH): an approach of electromagnetic tracking in minimally invasive surgery. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2011 Mar;6(2):257-63.
- [5] Lucas-Hernández M, Sánchez-Margallo FM, Pagador JB, Pérez-Duarte FJ, Sánchez-Margallo JA, Castelló P, Oltra A, González A, Benito A. Ergonomics of a New Handle Design for Minimally Invasive Surgery. *Healthcare Systems Ergonomics and Patient Safety 2011: Proceedings on the International Conference on Healthcare Systems Ergonomics and Patient Safety (HEPS 2011)*.pp. 349 - 352. CRC Press, 02/06/2011. ISBN 978-0-415-68413-2.
- [6] Sixense. <http://sixense.com/inmotionengine> (enlace accedido en septiembre de 2014).
- [7] Franz AM, Haidegger T, Birkfellner W, Cleary K, Peters TM, Maier-Hein L. Electromagnetic tracking in medicine-a review of technology, validation, and applications. *IEEE Trans Med Imaging*. 2014 Aug;33(8):1702-25
- [8] Lucas-Hernández M1, Pagador JB, Pérez-Duarte FJ, Castelló P, Sánchez-Margallo FM. Ergonomics Problems Due to the Use and Design of Dissector and Needle Holder: A Survey in Minimally Invasive Surgery. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech*. 2014 Apr 4
- [9] Chmarra MK, Klein S, de Winter JC, Jansen FW, Dankelman J. Objective classification of residents based on their psychomotor laparoscopic skills. *Surg Endosc*. 2010 May;24(5):1031-9.
- [10] Sánchez-Margallo JA, Sánchez-Margallo FM, Pagador JB, Gómez EJ, Sánchez-González P, Usón J, Moreno J. Video-based assistance system for training in minimally invasive surgery. *Minim Invasive Ther Allied Technol*. 2011 Jul;20(4):197-205
- [11] Oropesa I, Sánchez-González P, Chmarra MK, Lamata P, Fernández A, Sánchez-Margallo JA, Jansen FW, Dankelman J, Sánchez-Margallo FM, Gómez EJ. EVA: laparoscopic instrument tracking based on Endoscopic Video Analysis for psychomotor skills assessment. *Surg Endosc*. 2013 Mar;27(3):1029-39