

# Diseño de prototipo de simulador modular para entrenamiento psicomotor en cirugía laparoscópica con evaluación automatizada

Dereck Manuel Torres Carvajal

Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica Centroamericana, Tegucigalpa, Honduras

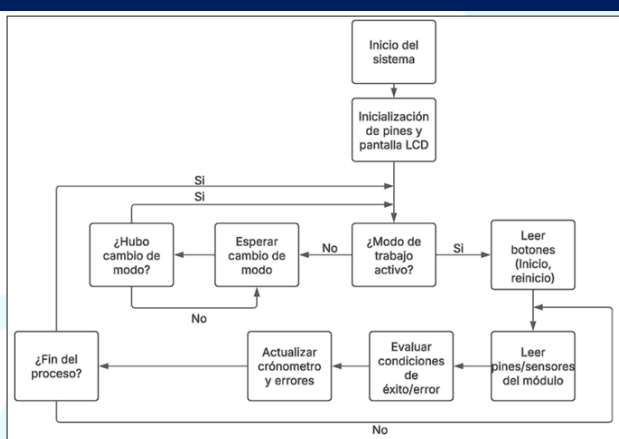
## Antecedente

La formación laparoscópica en el quirófano está restringida por la escasez de casos disponibles y la necesidad de garantizar la seguridad del paciente. La evidencia internacional confirma que los simuladores extracorpóreos reducen tiempos, minimizan errores y elevan el desempeño técnico. Las alternativas abarcan desde cajas de bajo costo hasta sistemas hápticos con métricas objetivas, todas efectivas para desarrollar las habilidades psicomotoras requeridas.

## Objetivo

Diseñar un prototipo conceptual de un simulador físico para adiestramiento de habilidades laparoscópicas básicas, que incluya módulos de entrenamiento de destrezas psicomotoras y sistemas de evaluación de desempeño.

## Metodología



El diseño del simulador se fundamentó en una revisión bibliográfica de literatura científica y estándares quirúrgicos como FLS, OSATS y GOALS. A partir de ello, se definieron los módulos, materiales y criterios de evaluación. Se desarrolló un sistema físico modular utilizando modelado CAD, impresión 3D y una ESP32 como unidad de control. La carcasa anatómica se imprimió en PLA, integrando sensores digitales y analógicos que permiten registrar acciones del usuario y brindar retroalimentación visual y sonora en tiempo real.

Figura 1. Diagrama de bloques de la lógica de control del simulador

## Resultados

Se desarrolló un simulador físico laparoscópico modular con evaluación automatizada en tiempo real. Detecta errores y registra tiempos mediante sensores digitales y analógicos controlados por una ESP32. Su arquitectura plug-and-play permite el intercambio de módulos sin reinicio, y su retroalimentación visual y sonora facilita el entrenamiento autónomo.

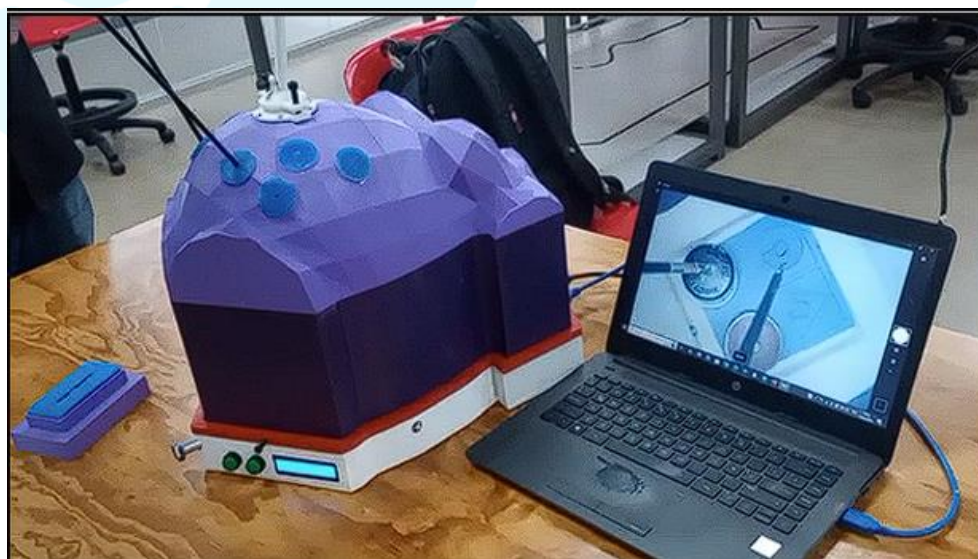


Figura 2. Prueba de funcionamiento del prototipo en físico

Las pruebas confirmaron la operatividad del sistema en todos los módulos, con detección precisa de acciones y respuesta en tiempo real. La conexión modular funcionó de forma estable, y una falla menor fue corregida sin afectar el desempeño general. El entorno académico destacó su usabilidad, robustez y potencial educativo.

## Conclusiones/ Recomendaciones

El simulador cumplió con su objetivo técnico y funcional, consolidándose como una plataforma efectiva para el entrenamiento preclínico en cirugía laparoscópica. Su estructura replicable, bajo costo y capacidad de evaluación autónoma lo hacen ideal para entornos académicos con recursos limitados. Se plantea como trabajo futuro la validación con usuarios expertos y la inclusión de nuevos módulos quirúrgicos.

Además de cumplir su propósito formativo, el simulador demostró ser una alternativa viable para entornos con recursos limitados, combinando bajo costo, portabilidad y replicabilidad sin comprometer la calidad del entrenamiento.

Contacto: [derecktorres@unitec.edu](mailto:derecktorres@unitec.edu)

Conflicto de interés: ninguno

