**Protocolo de Tesis  
IIMAS, UNAM**

**1. Título**  
Desarrollo de un simulador de procedimientos quirúrgicos basado en IntelRealSense: Una opción económica frente a sistemas tradicionales de captura de movimiento en 3D como OptiTrack

**2. Nombre del alumno y director(es)**

* Alumno: José Antonio Ruiz Zavaa
* Director: Jorge Marquez Flores
* Codirector: Miguel Angel Padilla

**3. Introducción**

El entrenamiento en procedimientos quirúrgicos se apoya cada vez más en simuladores con captura de movimiento en 3D. Sin embargo, sistemas comerciales como OptiTrack suelen ser costosos y poco accesibles para instituciones con recursos limitados. IntelRealSense se perfila como una opción económica y flexible, pero su precisión y viabilidad para simulación quirúrgica han sido poco evaluadas.

Este proyecto plantea el desarrollo y evaluación de un simulador de sutura laparoscópica con IntelRealSense, validando su precisión y percepción de realismo en comparación con OptiTrack, buscando así ampliar el acceso a esta tecnología en la formación médica.

**4. Justificación**

OptiTrack supera los 40,000 USD, obstaculizando el acceso de hospitales y laboratorios universitarios a simuladores modernos. IntelRealSense, con un costo de aproximadamente 250 USD, representa una opción viable para replicar entornos de práctica quirúrgica en aulas y laboratorios de México y Latinoamérica. Demostrar su efectividad permitiría la democratización de la educación quirúrgica, favoreciendo la capacitación masiva y de bajo costo.

**5. Objetivo general y específico**

**Objetivo general:**  
Desarrollar e implementar un simulador interactivo de procedimientos quirúrgicos empleando la tecnología IntelRealSense, y comparar cuantitativamente su desempeño frente al sistema OptiTrack.

**Objetivos específicos:**

* Programar una plataforma que registre y analice el movimiento de las manos y herramientas quirúrgicas usando IntelRealSense.
* Medir y comparar la precisión espacial y temporal de IntelRealSense frente a OptiTrack en ejercicios estándar de sutura.
* Evaluar mediante cuestionarios la experiencia de usuarios (estudiantes) y determinar la percepción de realismo y utilidad educativa.

**6. Hipótesis o preguntas de investigación**

**Hipótesis:**  
El simulador basado en IntelRealSense alcanzará un margen de error menor a 5 mm en la reconstrucción de trayectorias comparado con OptiTrack y será preferido por al menos el 70% de los usuarios debido a su facilidad de uso y realismo.

**7. Metodología**

* **Diseño y desarrollo:** Utilizar el SDK de IntelRealSense en C# o Python para detectar y registrar posiciones de las manos (y si es posible, herramientas quirúrgicas) durante tareas de sutura laparoscópica sobre un modelo físico.
* **Comparación técnica:** Realizar pruebas paralelas con estudiantes usando ambos sistemas (IntelRealSense y OptiTrack) para realizar la misma tarea de sutura, alternando el orden.
* **Análisis de datos:** Medir error espacial (diferencia de trayectorias en mm), latencia y tiempo de ejecución, utilizando t de Student para comparación de medias.
* **Evaluación de usuario:** Aplicar encuestas tipo Likert (1–5) y entrevistas breves sobre percepción de realismo, facilidad de uso y utilidad didáctica.
* **Procesamiento:** Análisis estadístico descriptivo y comparativo.

**8. Cronograma de actividades (12 meses)**

| **Actividad** | **Mes 1** | **Mes 2** | **Mes 3** | **Mes 4** | **Mes 5** | **Mes 6** | **Mes 7** | **Mes 8** | **Mes 9** | **Mes 10** | **Mes 11** | **Mes 12** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Revisión y actualización de literatura | X | X | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Elaboración y revisión del protocolo detallado | X | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Capacitación en SDK de IntelRealSense y OptiTrack |  | X | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Diseño de arquitectura de software y algoritmos de captura |  |  | X | X |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Desarrollo de interfaz gráfica y módulo de registro de datos con RealSense |  |  |  | X | X |  |  |  |  |  |  |  |
| Integración de modelos físicos y pruebas piloto de simulación |  |  |  |  | X | X |  |  |  |  |  |  |
| Implementación de ejercicios quirúrgicos estandarizados (suturas, nudos, etc.) |  |  |  |  | X | X |  |  |  |  |  |  |
| Validación interna: pruebas técnicas, corrección de bugs y ajustes finales |  |  |  |  |  | X | X |  |  |  |  |  |
| Preparación del diseño experimental y reclutamiento de estudiantes |  |  |  |  |  |  | X | X |  |  |  |  |
| Realización de experimentos formales (con estudiantes y OptiTrack como referencia) |  |  |  |  |  |  |  | X | X |  |  |  |
| Procesamiento y análisis estadístico de resultados (precisión, desempeño, encuestas) |  |  |  |  |  |  |  |  | X | X |  |  |
| Revisión de resultados con asesores y taller de retroalimentación |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |
| Redacción de la tesis y envío de borradores a asesor(es) |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X | X |  |
| Integración final, correcciones y preparación para la defensa |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X | X |
| Presentación de resultados en seminario/taller al interior del IIMAS (opcional) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |
| Entrega definitiva de la tesis y trámite de titulación |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |

**9. Bibliografía básica**

* Zhang, Z. (2012). Microsoft Kinect Sensor and Its Effect. IEEE Multimedia, 19(2).
* IntelRealSense Developer Documentation.
* Badash, I., et al. (2016). Innovations in surgery simulation. Annals of Translational Medicine, 4(23).
* Moorthy, K., et al. (2004). Validation of simulators in surgical education. British Journal of Surgery, 91(11), 1377–1388.
* Manual técnico de OptiTrack.