

Jornadas de Automática

Consola de teleoperación de realidad mixta para sistemas quirúrgicos robóticos

Góngora-Rodríguez, Eva^a, Casado-Sánchez, Nerea, López-Casado, Carmen^a, Rivas-Blanco, Irene^{a,*}

^aInstituto Universitario de Investigación en Ingeniería Mecatrónica y Sistemas Ciberfísicos (IMECH.UMA), Universidad de Málaga, Andalucía Tech, 29070 Málaga, España.

To cite this article: Góngora-Rodríguez, Eva, Casado-Sánchez, Nerea, López-Casado, Carmen, Rivas-Blanco, Irene. 2025. Mixed Reality Teleoperation Console for Robotic Surgical Systems. Jornadas de Automática, 46. <https://doi.org/10.17979/ja-cea.2025.46.12211>

Resumen

Este trabajo presenta el diseño e implementación de una consola inmersiva de teleoperación para sistemas quirúrgicos robóticos, basada en realidad mixta. El sistema propuesto integra unas gafas de realidad virtual y un controlador háptico para el manejo de las herramientas durante intervenciones de cirugía mínimamente invasiva. La consola de RM superpone información aumentada relevante sobre la imagen real del endoscopio, proporcionando apoyo contextual al asistente. La arquitectura permite tanto la teleoperación directa como la supervisión de comportamientos semiautónomos. El sistema de visualización está implementado en Unity, tanto para visión bidimensional como tridimensional, e integrado con el sistema operativo ROS, lo que permite la comunicación con el resto de componentes del sistema. Se describe un caso de uso para el manejo de un aspirador quirúrgico, que se ha automatizado adaptando un aspirador convencional para su uso mediante comandos de ROS. Finalmente, se presenta un experimento del sistema completo en el que se demuestra la viabilidad de la consola de teleoperación propuesta.

Palabras clave: Realidad Mixta, Cirugía robótica, Teleoperación, Cirugía mínimamente invasiva

Mixed Reality Teleoperation Console for Robotic Surgical Systems

Abstract

This work presents the design and implementation of an immersive teleoperation console for robotic surgical systems based on mixed reality (MR). The proposed system integrates virtual reality glasses and a haptic controller for operating a robotic assistant, such as a surgical suction device, during minimally invasive procedures. The MR console overlays relevant augmented information onto the real endoscopic image, providing contextual support to the assistant. The architecture supports both direct teleoperation and supervision of semi-autonomous behaviors. The visualization system is implemented in Unity, supporting both two-dimensional and three-dimensional views, and is integrated with the ROS operating system, enabling communication with other components of the system. A use case is described for controlling a surgical suction device, which has been automated by adapting a conventional aspirator to operate via ROS commands. Finally, an experiment with the complete system is presented, demonstrating the feasibility of the proposed teleoperation console.

Keywords: Mixed Reality, Robotic Surgery, Teleoperation, Minimally Invasive Surgery

1. Introducción

Las operaciones de cirugía mínimamente invasiva se han convertido en una práctica habitual en los hospitales de todo el mundo. En este tipo de intervenciones, los cirujanos y cirujanas realizan las maniobras introduciendo los instrumentos a

través de pequeñas incisiones, lo que reduce el dolor postoperatorio, acorta el tiempo de hospitalización y acelera la recuperación del paciente. Sin embargo, a pesar de los avances, estas técnicas presentan ciertas limitaciones, entre las que se encuentran la falta de tecnologías de detección en los instrumentos quirúrgicos, la pérdida de visión tridimensional, la limita-

*Autor para correspondencia: irivas@uma.es
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)

da flexibilidad de los instrumentos, la disminución de la fuerza transmitida y la ausencia de retroalimentación táctil. El desarrollo de sistemas robóticos quirúrgicos teleoperados (TSRS, por sus siglas en inglés), en los que los cirujanos/as realizan intervenciones quirúrgicas a corta o larga distancia mediante redes de comunicación por cable y/o inalámbricas, ha permitido superar muchas de estas limitaciones. De hecho, las cirugías robóticas son más seguras, eficientes y precisas y, además, permiten una mejor recuperación de los pacientes (Nguyen et al., 2023). Los TSRS están formados principalmente por un robot quirúrgico esclavo, formado por uno o varios brazos con herramientas robóticas, que se controla de forma remota mediante una consola de teleoperación. El TSRS más conocido y más usado a nivel comercial es el sistema da Vinci (Intuitive Surgical, Inc.), pero existen otros como el sistema Flex (Medrobotics, Corp.) o el Senhance (Asensus Surgical, Inc.) (Thai et al., 2020).

La mayoría de las consolas maestras o de teleoperación proporcionan componentes esenciales como visión tridimensional, controladores y otros dispositivos de entrada/salida. Sin embargo, la eficacia y precisión de los sistemas quirúrgicos actuales siguen dependiendo en gran medida de las habilidades y experiencia del cirujano/a. Por lo tanto, una de las demandas más urgentes en las tendencias actuales de investigación en TSRS es modernizar las consolas maestras para facilitar la toma de decisiones y mejorar las sensaciones, confianza, seguridad y ergonomía del personal. La mayoría de las consolas tienen estructuras rígidas, que contradicen los hábitos y sensaciones operativas de los cirujanos/as durante las cirugías abiertas (Zhao et al., 2022). Además, en (Wang et al., 2019) se demuestra que, pese al alto nivel de inmersión que ofrecen las consolas cerradas, obligan al personal a mantener una postura fija durante procedimientos prolongados. Las consolas cerradas se caracterizan por aislar completamente al cirujano o cirujana en una cabina, con un visor estereoscópico, mejorando la concentración pero reduciendo la movilidad y percepción del entorno. Esto no solo dificulta poder observar al robot y al personal asistente, sino que también genera tensión en las vértebras cervicales. Por otro lado, las consolas abiertas permiten una mayor movilidad del personal, mejorando enormemente la ergonomía, así como una mayor interacción visual con el quirófano. El uso de gafas inteligentes se está empleando en proyectos como el SMARTsurg para proporcionar realidad aumentada y reconstrucción tridimensional del campo operatorio (SMARTsurg Project, 2025). Se han identificado cuatro enfoques principales en los que estos dispositivos pueden aportar valor en entornos clínicos (Thai et al., 2020):

- Durante la fase preoperatoria, se utilizan en tareas de planificación y evaluación de los casos, sustituyendo los modelos 3D impresos por modelos virtuales. En un estudio realizado para preparar 11 casos quirúrgicos oncológicos complejos con 6 cirujanos participantes, se concluye que el uso de este dispositivo facilita la preparación de la intervención (Cremades Pérez et al., 2023).
- Durante el intraoperatorio, la RA proporciona soporte en línea permitiendo revisar e interactuar con material

de pruebas complementarias durante la intervención, así como posibilitando compartir en tiempo real el procedimiento quirúrgico con personal experto que no está físicamente en el quirófano. Hamann et al. reportaron un caso de cirugía dermatológica en el que se utilizaron gafas inteligentes para transmitir el vídeo del campo operatorio a cirujanos situados a distancia (Hamann et al., 2014). En McCullough et al. se empleó el mismo sistema para facilitar la tele-supervisión entre un cirujano en Mozambique y un cirujano reconstructivo en Estados Unidos (McCullough et al., 2018).

- En los programas de formación, gracias a su capacidad de grabación y transmisión de vídeo. En (Cremades Pérez et al., 2023) se ha utilizado la tecnología de RA para transmitir clases piloto desde el quirófano, con una gran acogida entre el alumnado. Rahimy y Garg demostraron la aplicación de Google Glass en formación en oftalmológica. En su estudio, los estudiantes observaron en un monitor la transmisión en tiempo real del vídeo captado por las gafas del cirujano (Rahimy and Garg, 2015).

En este trabajo se propone una consola de teleoperación inmersiva basada en un sistema de realidad mixta (RM) para el manejo de un asistente robótico. El sistema está compuesto por unas gafas de realidad virtual (RV) y un controlador háptico. En las gafas se sustituye el entorno virtual por la imagen real que capta el endoscopio, de manera que lo que se muestra es el entorno intraoperatorio. Sobre esta imagen se puede superponer información relevante durante la operación, como mensajes de alerta o del proceso, así como información del preoperatorio para dar soporte durante la intervención. El artículo se divide en las siguientes secciones: en primer lugar se define el escenario de trabajo y la arquitectura global; a continuación se analiza la consola de teleoperación de realidad mixta, seguido de la descripción del caso de uso para un asistente robótico de aspirado junto con su implementación software; finalmente se describen los experimentos llevados a cabo, y se finaliza con unas conclusiones.

2. Definición del escenario y arquitectura global

En los procedimientos quirúrgicos, especialmente en los complejos, que requieren un número elevado de instrumental, interviene un cirujano/a principal, que se encarga de realizar las maniobras quirúrgicas de la intervención, y uno o varios asistentes, que manejan el instrumental auxiliar como el endoscopio, un aspirador quirúrgico, separadores o bisturís. La consola de teleoperación inmersiva que se propone en este trabajo se diseña para que el asistente pueda controlar una de estas herramientas auxiliares. Este concepto se puede utilizar tanto en cirugía convencional, como la mostrada en la Figura 1, como en cirugía robótica. En este caso, el cirujano/a principal manejaría su instrumental con una consola de teleoperación independiente.

La consola de teleoperación está formada por un sistema de realidad mixta formado por unas gafas de realidad virtual en las que se muestra la imagen real del endoscopio y un controlador háptico para el manejo de la herramienta. La imagen

real del entorno intraoperatorio se complementa con una superposición de información quirúrgica relevante, como la fase actual de la intervención, el progreso o datos del preoperatorio. Los principales beneficios que presenta esta interfaz son:

- Permite aprovechar las ventajas del uso de sistemas robóticos para el manejo de la herramienta auxiliar. En caso de cirugía robótica, esta interfaz permite disponer de una consola independiente para el manejo de un instrumento, sin necesidad de ocupar uno de los brazos del sistema robótico.
- Es una consola ligera, que permite el desplazamiento del asistente, y sencilla de manejar, lo que disminuye enormemente la curva de aprendizaje del sistema. El controlador háptico permite desplazar el instrumento mediante el movimiento de la mano, así como activar la herramienta mediante sus elementos de control, en el caso de herramientas activas como un aspirador o un cauterizador.
- El uso de un sistema de RM permite superponer información relevante para el asistente durante la intervención, como la cantidad de sangre succionada en el caso de un aspirador, la detección de elementos extraños, señal de alarma, trayectorias a seguir generadas durante el preoperatorio, etc.
- Esta interfaz se puede utilizar para la teleoperación directa de la herramienta o bien para la supervisión de un sistema robótico que funcione de forma autónoma realizando alguna tarea auxiliar como el movimiento de la cámara (Rivas-Blanco et al., 2019)(Da Col et al., 2021) o el aspirador (Barragan et al., 2021)(Blanco et al., 2024). En este caso, resulta especialmente relevante el uso de realidad mixta para proporcionar al asistente información sobre la maniobra autónoma y la toma de decisiones que realiza el sistema robótico, ya que este tipo de sistemas deben estar siempre bajo la supervisión directa de personal experto.

La Figura 2 muestra la arquitectura global del sistema. Por un lado, la *consola de teleoperación de RM* recibe la imagen del área intraoperatoria del endoscopio junto con información aumentada del sistema generada por el *planificador global*. De esta manera, se construye un sistema de realidad mixta en el que a la imagen real se superpone información aumentada relevante para el manejo o la supervisión de la herramienta. El tipo de información aumentada dependerá del caso de uso del sistema, es decir, del tipo de herramienta que se controle con la consola. Por ejemplo, en el caso de que la herramienta auxiliar sea un aspirador, la información aumentada puede ir desde un mensaje que indique cuándo está la herramienta succionando, la cantidad de sangre aspirada o el nivel de llenado del depósito, hasta superposición de la salida de un algoritmo de reconocimiento de sangre que se pueda emplear para generar maniobras autónomas de aspirado. El *planificador global* también debe generar las primitivas de movimiento de alto nivel del asistente robótico, que junto con los desplazamientos generados por la teleoperación directa del háptico, son procesados por el *planificador local* para generar los movimientos de bajo nivel del *asistente robótico*. En el caso de que la consola se utilice como sistema de supervisión de un asistente robótico autónomo, el controlador háptico no se utilizaría para teleoperar el robot sino para corregir su movimiento en caso

de que fuera necesario o tomar el control en caso de emergencia, siendo el planificador global el encargado de generar las trayectorias de movimiento de la herramienta.



Figura 1: Consola de teleoperación de Realidad Mixta (RM) para un asistente robótico quirúrgico formado por unas gafas de realidad virtual (RV) en las que se muestra la imagen real del endoscopio junto con información aumentada del sistema, y un controlador háptico para el manejo de la herramienta (imagen generada con IA).

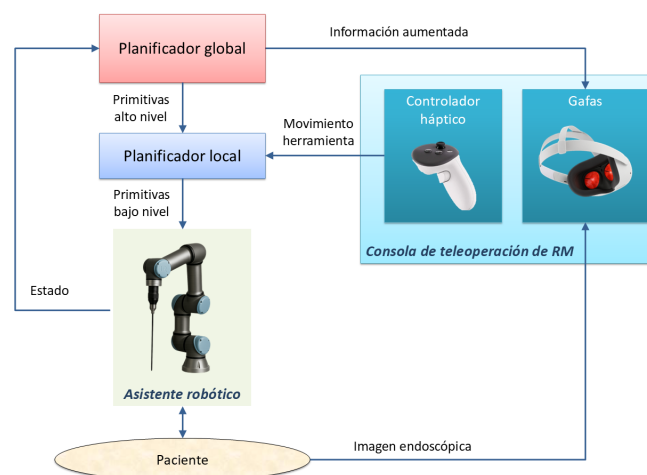


Figura 2: Arquitectura global del sistema en la que se muestra la interacción entre la consola de teleoperación inmersiva, el asistente robótico y el planificador global, encargado de generar los parámetros de movimiento y configuración de alto nivel, y el planificador local, que genera los movimientos de bajo nivel del robot.

3. Consola de teleoperación de realidad mixta

Como se ha indicado anteriormente, la consola de teleoperación del sistema propuesto está formada por un sistema de

realidad virtual cuyas gafas se utilizan para proyectar la imagen real del área intraoperatoria. Sobre esta imagen real se superpone información aumentada del estado de la intervención y/o el asistente robótico. En este trabajo se ha utilizado el sistema Meta Quest 2 (Raymer et al., 2023), que además de las gafas de RV, tiene dos controladores hápticos. Uno de estos controladores se utiliza para comandar la herramienta auxiliar. Las gafas tienen una resolución de 1832 x 1920 píxeles en cada uno de los visores y una frecuencia de actualización de 90 Hz. Los controladores son muy ligeros y tienen una forma ergonómica que facilita su manejo. Tienen 6 grados de libertad y están dotados de sensores internos IMU (acelerómetro y giroscopio). Además, tienen 4 botones y 2 gatillos, que se pueden configurar para obtener diferentes funcionalidades. Como sistema de visión se ha utilizado la cámara de profundidad RealSense D435 (Intel Corp.). Este dispositivo combina dos sensores de imagen para visión estéreo con un proyector infrarrojo para capturar información tridimensional del entorno en tiempo real. De esta manera, esta cámara puede proporcionar la imagen tanto tridimensional como bidimensional.

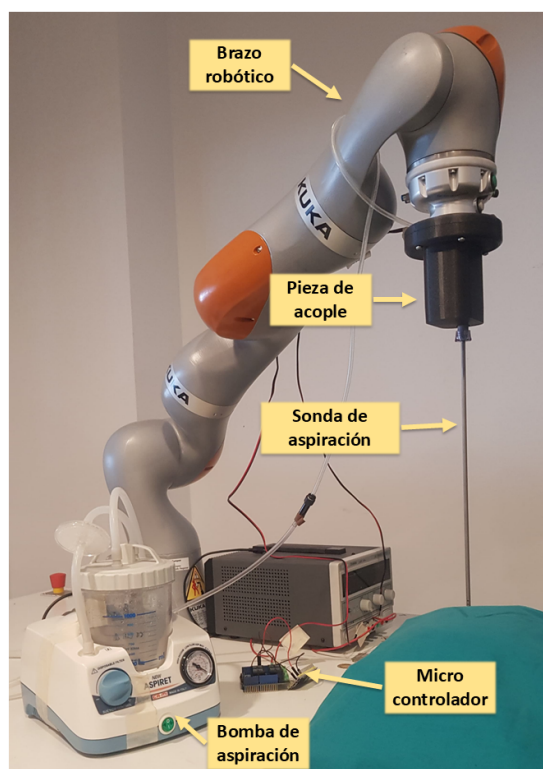


Figura 3: Aspirador automático formado por una bomba de aspiración y una sonda de aspiración laparoscópica conectada a la bomba a través de una electroválvula, cuya apertura y cierre está controlado mediante un micro controlador. Esta herramienta está acoplada al efector final de un brazo robótico mediante una pieza de acople, que contiene la electroválvula

De los diferentes entornos de desarrollo que ofrece el sistema Meta Quest 2, se ha elegido la entorno Unity, que proporciona una interfaz visual potente y un ecosistema completo y flexible, ideal para este tipo de aplicaciones. Además, tiene conectividad con el sistema operativo ROS, necesario para poder comunicar la consola de teleoperación con el resto de componentes del sistema completo. La implementación de la consola de teleoperación con el sistema Meta Quest 2 se hace

a través de un proyecto de Unity que contiene los siguientes objetos y elementos del entorno (*GameObjects*):

- Conector de ROS (*Rosconnector*): permite integrar el proyecto en el sistema operativo ROS, tanto para recibir información aumentada, como para enviar datos de los controladores a través de topics. El paquete utilizado lo proporciona Unity Robotics, permitiendo el intercambio de topics como si Unity fuera un nodo nativo.
- Imagen 3D (objeto *PointCloudRenderer*): la transmisión de la imagen 3D se realiza a través de ROS, de manera que la cámara publica una nube de puntos 3D en un topic específico. Estos datos se reciben a través de un *WebSocket*, que comunica ROS con una aplicación externa, en este caso, Unity. Este objeto lo proporciona el paquete ROS# Project Team (siemens/ros-sharp, 2025), que contiene un conjunto de librerías de código abierto que permiten comunicar aplicaciones desarrolladas en Unity.
- Imagen 2D (objeto *RawImage*): pese a que el sistema permita visualización tridimensional, se ha implementado también la imagen en dos dimensiones para que la consola sea compatible con endoscopios monoculares. Esta imagen se recibe a través de un servidor web, que captura los fotogramas RGB de la cámara, los procesa y los transmite en tiempo real vía streaming HTTP, que se reciben en Unity y se muestran en el objeto correspondiente.
- Vídeo (componente *Video Player*): para la visualización de grabaciones del preoperatorio o de otras intervenciones que puedan resultar útiles durante la intervención como material de apoyo al personal médico.
- Etiquetas y sliders: para incorporar la información aumentada a la escena. Esta información, que proviene de otros elementos del sistema completo (de los planificadores o de la propia herramienta) se recibe en el proyecto de Unity a través de topics de ROS.
- Menús interactivos: se integran dentro del entorno y permiten seleccionar entre diferentes opciones de visualización o parámetros de configuración del sistema.

4. Caso de uso

En este trabajo, la consola de teleoperación propuesta se va a implementar para el caso concreto de que el asistente robótico se utilice para el manejo de un aspirador quirúrgico. En la mayoría de las intervenciones quirúrgicas, las maniobras realizadas para completar los procedimientos provocan sangrados en las estructuras anatómicas, lo que conlleva que la zona de la intervención quede cubierta de sangre, por lo que el aspirador es una herramienta auxiliar ampliamente utilizada en cirugía, que habitualmente es controlada por personal asistente. Para aprovechar las ventajas de la cirugía robótica en la tarea de aspiración, se ha diseñado un aspirador automático a partir de una herramienta convencional (Blanco et al., 2024). En concreto, se ha utilizado una *bomba de aspiración* portátil New Aspirate de la compañía CA-MI junto con una *sonda de aspiración* de laparoscopia donada por el Hospital Materno-Infantil de Málaga. El aspirador se acopla al efector final de un *brazo robótico* mediante una *pieza de acople*, que contiene

la electroválvula y las conexiones necesarias para el funcionamiento del aspirador, tal y como se muestra en la Figura 3. Para automatizar la función de aspirado se ha utilizado una electroválvula junto con un *microcontrolador* (ESP32), que controla la apertura y cierre de la válvula mediante comandos. El ESP32 es un microcontrolador que destaca por su capacidad de procesamiento y sus interfaces de comunicación integradas. En este sistema, puede comunicarse mediante puerto serie con ROS a través de un nodo puente, y está preparado para soportar comunicación inalámbrica vía WiFi o Bluetooth, lo cual permite su integración flexible en entornos clínicos con dispositivos distribuidos.

4.1. Arquitectura software

La figura 4 muestra la arquitectura software del sistema desarrollado para la teleoperación de un asistente robótico quirúrgico para aspirado mediante una consola de realidad mixta. Para capturar la imagen se emplea el Kit de Desarrollo De Software de la RealSense (*IntelRealSenseSDK*) para capturar la imagen bidimensional, que se transmite al entorno de Unity del sistema Meta Quest 2 a través de un *servidor web*. Para la imagen estereoscópica, se hace uso del nodo oficial de Intel *realSense2_camera* junto con un nodo puente (*rosbridge_server*), que nos permite comunicar ROS con aplicaciones externas. Para recibir la imagen en el entorno Unity, se usa el cliente *rosbridge_client*, y para publicar la posición y el estado de los botones del controlador utilizados para manejar la herramienta, se utiliza el plugin *ROSConnection*, que proporciona los scripts de Unity necesarios para publicar y suscribirse a topics de ROS. Por su parte, el *planificador global* se encarga de recibir los comandos de movimiento del controlador y generar las primitivas de movimiento de alto nivel para que la punta de la herramienta siga el movimiento de la mano del asistente, así como la activación del aspirador en función de la interacción del asistente con el controlador. El *planificador local* recibe la posición deseada de la herramienta y genera las correspondientes primitivas de bajo nivel del robot, teniendo en cuenta el movimiento de la herramienta alrededor del punto de fulcro, cuya salida es la posición objetivo del Efecto Final (EF). Esta posición se envía al nodo de control del robot Kuka LBR iiwa (*iiwa_control*), que se comunica directamente con la controladora del robot. Por su parte, el nodo *control aspirador*, que corre en el microcontrolador, se encarga de activar o desactivar el aspirador quirúrgico. Dado que el sistema opera sobre ROS, es crucial garantizar la integridad y fiabilidad en la comunicación de datos entre nodos, especialmente en tareas críticas como la activación del aspirador o el seguimiento de la herramienta. Para ello, se deben configurar adecuadamente los parámetros de calidad de servicio, emplear mecanismos de verificación de recepción, y sincronizar temporalmente los mensajes para evitar pérdidas o retardos que puedan comprometer la seguridad de la intervención.

5. Experimentos

Para demostrar la viabilidad del sistema propuesto, se ha diseñado el montaje experimental de la Figura 5. El experimento consiste en aspirar un sangrado, que se simula de forma artificial con líquido con colorante rojo sobre una almohadilla de sutura, teleoperando la herramienta con la consola de

teleoperación propuesta, formada por el sistema de RM y el dispositivo háptico. Como asistente robótico se utiliza el aspirador automático descrito en la sección 4. Al inicio del procedimiento, el asistente debe seleccionar la configuración de la consola mediante la interfaz de usuario que se muestra en las gafas, que contiene 3 menús:

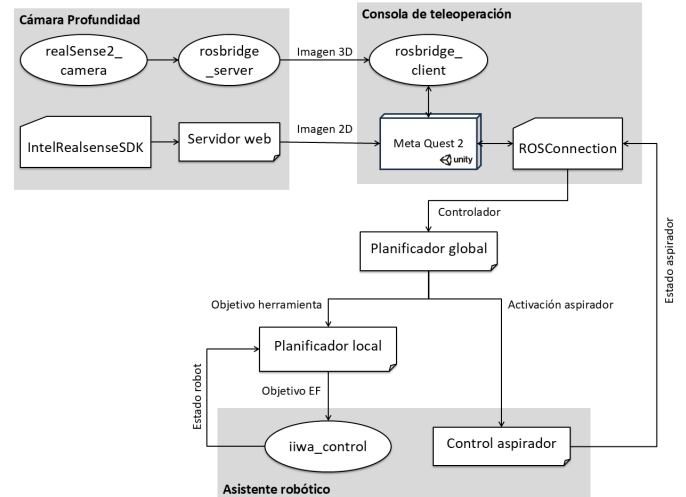


Figura 4: Arquitectura software de la consola de teleoperación de realidad mixta para controlar un asistente robótico para el aspirado durante cirugía laparoscópica. En la arquitectura se muestran los diferentes elementos de software que componen el sistema (las nodos de ROS de terceros, descargados de *GitHub*, se han representado con elipses para diferenciarlo del resto componentes, de elaboración propia de los autores).

- **Opciones de cámara.** Permite seleccionar el tipo de imagen que se quiere visualizar en las gafas, que puede bidimensional o tridimensional. De esta manera, la consola de teleoperación es compatible con endoscopios monoculares y endoscópicos. También permite visualizar la imagen de profundidad, que representa una matriz bidimensional en el que cada valor o color representa la distancia del objeto a la cámara.
- **Controladores.** Permite elegir si se desea teleoperar con el controlador izquierdo o el derecho, dependiendo de la lateralidad del asistente.
- **Información Aumentada.** Para seleccionar la información aumentada que se desea visualizar sobre la imagen. La consola está preparada para mostrar el estado del aspirador (encendido/apagado) y el nivel de llenado del tanque de aspiración (en porcentaje).

El experimento completo que se ha desarrollado se puede visualizar en el material adjunto a esta publicación. En el vídeo adjunto se visualiza desde la elección de los parámetros de configuración del sistema hasta la aspiración del sangrado.

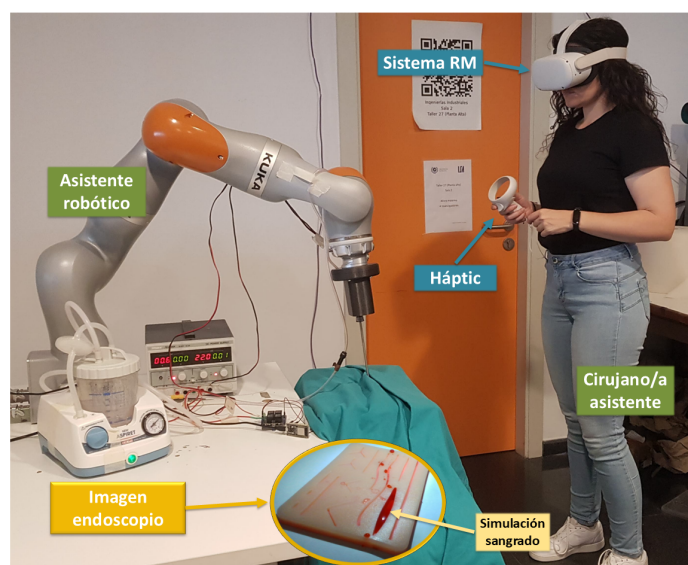


Figura 5: Montaje experimental para demostrar la viabilidad del sistema propuesto. En la imagen se puede visualizar tanto el asistente robótico dotado de una herramienta de aspiración, como la cirujana asistente con la consola de teleoperación propuesta, formada por el sistema de RM y el háptico. Además, se muestra la imagen del endoscopio y la simulación de sangrado que se ha utilizado para realizar el experimento.

6. Conclusiones

En este trabajo se ha desarrollado una consola inmersiva de teleoperación basada en realidad mixta para el control de herramientas quirúrgicas auxiliares, como un aspirador quirúrgico. El sistema integra unas gafas de realidad virtual con un controlador háptico, ofreciendo una interfaz ligera, ergonómica e intuitiva para el personal asistente. Esta solución permite tanto la teleoperación directa como la supervisión de comportamientos autónomos del asistente robótico, mejorando así la flexibilidad y seguridad del entorno quirúrgico. La consola se ha implementado con tecnología compatible con ROS, lo que facilita su integración en sistemas quirúrgicos avanzados. Finalmente, se ha demostrado la viabilidad del sistema mediante un experimento práctico que valida su funcionalidad y potencial en procedimientos reales.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través del Proyecto Nacional PID2021-125050OA-I00.

Referencias

- Barragan, J. A., Chanci, D., Yu, D., Wachs, J. P., 8 2021. SACHETS: Semi-autonomous cognitive hybrid emergency teleoperated suction. 2021 30th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication, RO-MAN 2021, 1243–1248.
DOI: 10.1109/RO-MAN50785.2021.9515517
- Blanco, I. R., Rodríguez, E. G., López-Casado, C., Roldán, M. C., 7 2024. Aspirador quirúrgico autónomo para una intervención de cirugía laparoscópica. Jornadas de Automática (45), 45.
URL: https://revistas.udc.es/index.php/JA_CEA/article/view/10924
DOI: 10.17979/JA-CEA.2024.45.10924

- Cremades Pérez, M., Espin Álvarez, F., Pardo Aranda, F., Navinés López, J., Vidal Piñeiro, L., Zarate Pinedo, A., Piquera Hinojo, A. M., Sentí Farrarons, S., Cugat Andorra, E., 5 2023. Realidad aumentada en cirugía hepato-bilio-pancreática. Una tecnología al alcance de la mano. Cirugía Española 101 (5), 312–318.
DOI: 10.1016/J.CIRESP.2022.10.022
- Da Col, T., Caccianiga, G., Catellani, M., Mariani, A., Ferro, M., Cordima, G., De Momi, E., Ferrigno, G., de Cobelli, O., 11 2021. Automating Endoscope Motion in Robotic Surgery: A Usability Study on da Vinci-Assisted Ex Vivo Neobladder Reconstruction. Frontiers in Robotics and AI 8, 707704.
URL: www.frontiersin.org
DOI: 10.3389/FROBT.2021.707704/BIBTEX
- Hamann, D., Mortensen, W. S., Hamann, C. R., Smith, A., Martino, B., Daffe, C., Tully, J., Kim, J., Torres, A., 12 2014. Experiences in adoption of teler dermatology in Mohs micrographic surgery: Using smartglasses for intraoperative consultation and defect triage. Surgical Innovation 21 (6), 653–654.
DOI: 10.1177/1553350614552735
- McCullough, M. C., Kulber, L., Sammons, P., Santos, P., Kulber, D. A., 2018. Google glass for remote surgical tele-proctoring in low- And middle-income countries: A feasibility study from Mozambique. Plastic and Reconstructive Surgery - Global Open 6 (12).
DOI: 10.1097/GDX.0000000000001999;
- Nguyen, C. C., Wong, S., Thai, M. T., Hoang, T. T., Phan, P. T., Davies, J., Wu, L., Tsai, D., Phan, H.-P., Lovell, N. H., Do, T. N., 4 2023. Advanced User Interfaces for Teleoperated Surgical Robotic Systems. Advanced Sensor Research 2 (4), 2200036.
URL: [/doi/pdf/10.1002/adsr.202200036https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/adsr.202200036https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adsr.202200036](https://doi/pdf/10.1002/adsr.202200036https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/adsr.202200036https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adsr.202200036)
DOI: 10.1002/ADSR.202200036
- Rahimy, E., Garg, S. J., 6 2015. Google glass for recording scleral buckling surgery. JAMA Ophthalmology 133 (6), 710–711.
URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25811488/>
DOI: 10.1001/JAMAOPHTHALMOL.2015.0465,
- Raymer, E., MacDermott, A., Akinbi, A., 12 2023. Virtual reality forensics: Forensic analysis of Meta Quest 2. Forensic Science International: Digital Investigation 47, 301658.
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666281723001774>
DOI: 10.1016/J.FSIDI.2023.301658
- Rivas-Blanco, I., Perez-del Pulgar, C., López-Casado, C., Bauzano, E., Muñoz, V., 2 2019. Transferring Know-How for an Autonomous Camera Robotic Assistant. Electronics 8 (2), 224.
URL: <http://www.mdpi.com/2079-9292/8/2/224>
DOI: 10.3390/electronics8020224
- siemens/ros-sharp, 2025. siemens/ros-sharp: ROS# is a set of open source software libraries and tools in C# for communicating with ROS from .NET applications, in particular Unity3D.
URL: <https://github.com/siemens/ros-sharp>
- SMARTsurg Project, 2025. SMARTsurg - SMart weArable Robotic Teleoperated Surgery.
URL: <http://www.smartsurg-project.eu/>
- Thai, M. T., Phan, P. T., Hoang, T. T., Wong, S., Lovell, N. H., Do, T. N., 8 2020. Advanced Intelligent Systems for Surgical Robotics. Advanced Intelligent Systems 2 (8), 1900138.
URL: [/doi/pdf/10.1002/aisy.201900138https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/aisy.201900138https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aisy.201900138](https://doi/pdf/10.1002/aisy.201900138https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/aisy.201900138https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aisy.201900138)
DOI: 10.1002/AISY.201900138
- Wang, W., Song, H., Zhang, Z., Du, Z., 4 2019. Master-slave motion alignment for an open surgical console. International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery 15 (2), e1974.
URL: [/doi/pdf/10.1002/rcs.1974https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/rcs.1974https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/rcs.1974](https://doi/pdf/10.1002/rcs.1974https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/rcs.1974https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/rcs.1974)
DOI: 10.1002/RCS.1974;WGROUP:STRING:PUBLICATION
- Zhao, Y., Mei, Z., Mao, J., Zhao, Q., Liu, G., Wu, D., 1 2022. Remote Vascular Interventional Surgery Robotics: A Literature Review.
URL: https://www.techrxiv.org/articles/preprint/Remote_Vascular_Interventional_Surgery_Robotics_A_Review/14994123
DOI: 10.36227/TECHRXIV.14994123