

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, INFORMÁTICA Y
MECÁNICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



PROYECTO DE CURSO

“Robots en la medicina: cirugía asistida, prótesis y exoesqueletos.”

Presentado por:

Jesus Leonardo Ima Chuquichampi - 200834

Yerson Adlai Ulloa Parque - 200835

Davis Bremdow Salazar Roa - 200353

Curso:

Introducción de la Robótica

Profesor:

Ing. Ruben Dario Florez Zela

Octubre, 2025

Resumen

La robótica médica ha transformado la atención sanitaria en las últimas décadas, integrando avances en ingeniería, informática y ciencias de la salud. Iniciada por NASA y DARPA para telecirugía en entornos extremos, como programas espaciales o zonas de catástrofe, sistemas pioneros como Puma 560 (1985) y Robodoc (1992) marcaron hitos en biopsias cerebrales y reemplazos articulares. La cirugía laparoscópica, desde 1987, consolidó técnicas mínimamente invasivas, evolucionando con el sistema Da Vinci (1999), que ofrece precisión mediante brazos robóticos y visión estereoscópica. En cirugía, destacan sistemas teleoperados como Cyberknife para radiocirugía, HIFU para ablación por ultrasonidos y robots montados en pacientes como SpineAssist, aunque enfrentan limitaciones como altos costos y tecnología en desarrollo. En rehabilitación, exoesqueletos como HAL potencian la movilidad detectando bioseñales, mientras sistemas como ARMIN y LOKOMAT facilitan terapias activas/pasivas para miembros superiores e inferiores. Las prótesis mioeléctricas, desde los años 60, utilizan señales EMG para un control intuitivo, mejorando funcionalidad y estética. En asistencia, robots fijos (RAID), montados en sillas (MANUS) y móviles autónomos promueven independencia, apuntando hacia un futuro de micro-robots y wearables más integrados.

Índice general

Índice de cuadros	V
Lista de Tablas	V
Índice de figuras	VI
Lista de Figuras	VII
1. Introducción	1
2. Marco Teórico	2
2.0.1. Cirugía Laparoscópica (Década de 1980)	2
2.0.2. Puma 560 (1985)	3
2.0.3. Rodoboc (1992)	3
2.0.4. Primeras Prótesis Mioeléctricas (Décadas de 1960-1980)	4
2.0.5. Investigación en Cibernética y Biónica (Mitad del siglo XX)	5
3. Desarrollo del tema	6
4. Análisis y discusión	7
4.1. Beneficios médicos demostrados	7
5. Conclusiones	8
5.1. Hipótesis General	8

Índice de cuadros

Índice de figuras

2.1. Robot Puma 560.	3
2.2. Configuración básica de una prótesis mioeléctrica	4

1 | Introducción

Desde el origen poético de la robótica ligado a las sirvientes de Hefesto en la obra Iliada de Homero hasta las diversas aplicaciones en la actualidad se refleja el hecho de que los procesos y aplicaciones más complejas surgen de la capacidad del ser humano para soñar e imaginar, es ahí que dentro de tal abanico de opciones surgen aplicaciones como la biomédica que implica la unión de 2 ramas de la ciencia entre las cuales se encuentra la robótica y la medicina para el tratamiento de enfermedades y cuidados posteriores que agregan precisión y altas tasas de efectividad en procedimientos delicados.

Actualmente en la biomédica se presentan diferentes propuestas de robots dedicados a realizar intervenciones remotas en tiempo real como es el caso del robot cirujano dedicado a operar casos de laparoscopia Perú - 2021 u otros especialistas como el robot Da Vinci encargado de ejecutar operaciones críticas, de precisión y el cual se controla remotamente con tiempos cortos de respuesta.

En el presente trabajo se enfatiza la integración de la robótica en la medicina y la revolución que esta tecnología agrega en los procedimientos

cuidado de la salud, ofreciendo herramientas precisas y eficientes que amplían las capacidades humanas. En la cirugía asistida, sistemas como Da Vinci y Robodoc permiten intervenciones mínimamente invasivas con mayor precisión y control remoto, reduciendo riesgos y tiempos de recuperación. Las prótesis mioeléctricas, evolucionadas desde la década de 1960, utilizan señales musculares para restaurar funciones en amputados, combinando estética, fuerza y versatilidad mediante control EMG. Los exoesqueletos, como el HAL, potencian la movilidad en rehabilitación, detectando bioseñales para multiplicar la fuerza del usuario y facilitar terapias activas o pasivas. Estos avances, impulsados por instituciones como NASA y DARPA, no solo mejoran la calidad de vida, sino que promueven una colaboración entre ingeniería y ciencias de la salud, abriendo caminos hacia procedimientos autónomos y personalizados.

2 | Marco Teórico

La robótica en el ámbito médico no es un caso reciente, este viene acumulándose en la última década a través del crecimiento de investigación y desarrollo en ingeniería, informática y ciencias de la salud.

Los primeros en desarrollar este modelo de robots asistentes se encargó de hacerlo la NASA (National Aeronautics and Space Administration) y la DARPA (Defense Advanced Research Project Administration), con su único objetivo de reemplazar a un cirujano en situaciones complejas, como los programas espaciales, en el campo de batalla y en zonas de catástrofes. En estos primeros modelos la separación del paciente del cirujano y del resto del equipo es el elemento clave, es decir, hablamos de la telecirugía. Información obtenida por: Capitán del Río (2025).

Robots como Robodoc y Da Vinci fueron pioneros en la aplicación de la robótica en el quirófano, actuando como colaboradores del cirujano. Aun así, al estar en etapas de desarrollo, continuaban evolucionando para convertirse en sistemas más ergonómicos, eficientes y capaces de ejecutar intervenciones novedosas que amplíen las destrezas y opciones actuales del cirujano. Información de: Opensurg (2013).

2.0.1. Cirugía Laparoscópica (Década de 1980)

La cirugía laparoscópica es una técnica quirúrgica moderna que permite operar dentro del abdomen o la pelvis sin necesidad de hacer grandes incisiones en la piel.

En 1987 Mouret realizó la primera colecistectomía laparoscópica, marcando un hito en la historia de la CMI (Cirugía mínimamente invasiva). Desde entonces el abordaje laparoscópico y mínimamente invasivo se ha consolidado en todas las disciplinas quirúrgicas. La siguiente información se obtuvo de Capitán del Río (2025).

En 1995 Frederick Moll y Robert Younge fundaron la empresa Intuitive Surgical Inc (Sunnyvale, California, USA) desarrollando un proyecto completo de robótica quirúrgica con su primer prototipo denominado Lenny. El párrafo leído se extrajo de Camarillo et al. (2004).

En 1997 inició sus experiencias con el segundo prototipo denominado MONA, precursor del da Vinci, que utilizaba el sistema maestro-esclavo con una consola de

mandos y brazos independientes colocados mediante laparoscopia en el abdomen del paciente.

Ya que se tenía este sistema implementado en 1997 se acoplo por primera vez 3 brazos de asistencia quirurgicos, lo cual le sirvió al Belga James Himpens para hacer la primera colecistectomía asistida por un robot.

2.0.2. Puma 560 (1985)

En 1985, Yik S. Kwoh realiza la primera cirugía asistida por robot para la realización de una biopsia cerebral (7) con el denominado PUMA 560 (Programmable Universal Manipulation Arm, Unimation, Stanford, California, USA). Posteriormente James Drake y cols. lo utilizan para la resección de astrocitomas talámicos en niños. Drake et al. (1991)

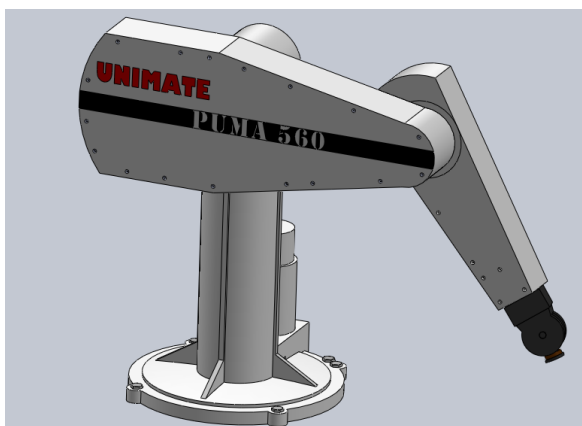


Figura 2.1: Robot Puma 560.

Nota. Extraído de <https://makeblock.com.ar/robot-puma>.

2.0.3. Rodoboc (1992)

A mediados de la década de 1980 la tecnología robótica quirúrgica más avanzada en uso hoy en día, fue concebida por el difunto veterinario de Sacramento, Dr. Howard “Hap” Paul, y el Dr. William Bargar, cirujano ortopédico. Ambos cirujanos se propusieron encontrar una herramienta que pudiera tallar una cavidad en un fémur que se ajustara con precisión a la forma de un implante de cadera artificial.

Una versión anterior del sistema ROBODOC se utilizó por primera vez en 26 pacientes del Dr. Paul, todos perros domésticos con lesiones de cadera. Todas las cirugías caninas fueron exitosas. El siguiente paso fue realizar cirugías en pacientes humanos, y el 7 de noviembre de 1992, en el Hospital General Sutter de Sacramento,

California, se realizó la primera cirugía de reemplazo de cadera en humanos con la herramienta ROBODOC. Pransky (1997).

En octubre de 1993, tras la finalización exitosa del estudio de viabilidad con diez pacientes, la FDA autorizó un programa ampliado de hasta 300 operaciones (150 con ROBODOC y 150 en un grupo de control manual).

2.0.4. Primeras Prótesis Mioeléctricas (Décadas de 1960-1980)

Las prótesis controladas por señales mioeléctricas comenzaron a desarrollarse en Rusia hacia 1960. Este tipo de dispositivo emplea los pequeños potenciales generados durante la contracción de los músculos del muñón, los cuales son transmitidos y amplificados para producir el movimiento. En un inicio, solo se utilizaban en personas con amputación de antebrazo y alcanzaban una fuerza de prensión aproximada de dos kilogramos.

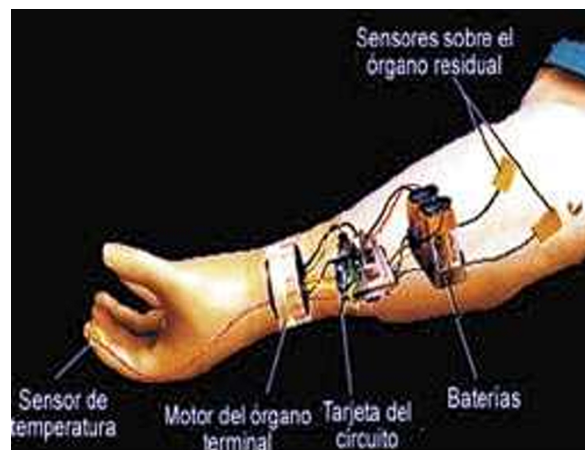


Figura 2.2: Configuración básica de una prótesis mioeléctrica

Nota. Extraído de González et al. (2005)].

Las prótesis mioeléctricas son prótesis eléctricas controladas por medio de un poder externo mioeléctrico, estas prótesis son hoy en día el tipo de miembro artificial con más alto grado de rehabilitación. Sintetizan el mejor aspecto estético, tienen gran fuerza y velocidad de prensión, así como muchas posibilidades de combinación y ampliación.

El control mioeléctrico es probablemente el esquema de control más popular. Se basa en el concepto de que siempre que un músculo en el cuerpo se contrae o se flexiona, se produce una pequeña señal eléctrica (EMG) que es creada por la interacción química en el cuerpo. El uso de sensores llamados electrodos que entran en contacto con la superficie de la piel permite registrar la señal EMG. Una vez registrada, esta señal se amplifica y es procesada después por un controlador que conmuta los motores encendiéndolos y apagándolos en la mano, la muñeca o el codo para producir movimiento y funcionalidad.

Éste tipo de prótesis tiene la ventaja de que sólo requieren que el usuario flexione sus músculos para operarla, a diferencia de las prótesis accionadas por el cuerpo que requieren el movimiento general del cuerpo. Una prótesis controlada en forma mioeléctrica también elimina el arnés de suspensión usando una de las dos siguientes técnicas de suspensión: bloqueo de tejidos blandos-esqueleto o succión.

Informacion obtenida de González et al. (2005).

2.0.5. Investigación en Cibernética y Biónica (Mitad del siglo XX)

Lorem Ipsum es simplemente el texto de relleno de las imprentas y archivos de texto. Lorem Ipsum ha sido el texto de relleno estándar de las industrias desde el año 1500, cuando un impresor (N. del T. persona que se dedica a la imprenta) desconocido usó una galería de textos y los mezcló de tal manera que logró hacer un libro de textos especimen. No sólo sobrevivió 500 años, sino que tambien ingresó como texto de relleno en documentos electrónicos, quedando esencialmente igual al original. Fue popularizado en los 60s con la creación de las hojas "Letraset", las cuales contenian pasajes de Lorem Ipsum, y más recientemente con software de autoedición, como por ejemplo Aldus PageMaker, el cual incluye versiones de Lorem Ipsum.

3 | Desarrollo del tema

3.0.0.1. Manipuladores montados sobre sillas de ruedas

Los manipuladores robóticos montados sobre sillas de ruedas están diseñados para aumentar la independencia y funcionalidad de personas con limitaciones motrices, permitiéndoles manipular objetos y realizar tareas cotidianas con mayor autonomía. Un ejemplo representativo es el robot MANUS, que se controla por joystick complementado con un teclado para facilitar la interacción con el entorno próximo. Este tipo de sistemas ha demostrado su utilidad tanto en el ámbito doméstico como en el laboral, proporcionando asistencia efectiva en la manipulación de objetos y mejorando la calidad de vida del usuario. Sin embargo, presentan ciertas limitaciones, como la necesidad de alta concentración, incomodidad cuando no están en uso y restricciones en la precisión de movimientos. Además, por su peso y tamaño, pueden afectar la maniobrabilidad de la silla de ruedas en espacios reducidos, limitando su practicidad en algunos contextos

El robot RAPTOR ejemplifica una versión más sencilla y económica, con menor número de grados de libertad y una interfaz básica, llegando al mercado estadounidense tras su aprobación por la FDA. Pese a estas características, al igual que otros manipuladores, es efectivo para usuarios con movilidad disminuida hasta en un 80 %, recuperando parte importante de la capacidad manipulativa. La evolución de estos manipuladores busca superar sus limitaciones actuales para ofrecer soluciones más ergonómicas, versátiles y cómodas, integrando tecnologías que reduzcan la carga física y mental del usuario, aumentando así su autonomía.

3.0.0.2. Sistemas móviles autónomos

Los sistemas móviles autónomos en robótica médica representan una innovadora solución para apoyar el traslado y asistencia dentro de entornos hospitalarios y de cuidado. Estos robots pueden desplazarse sin intervención directa humana, realizando tareas como transporte de materiales, monitoreo de pacientes o asistencia en procedimientos clínicos. Su autonomía y capacidad de navegación en espacios complejos permiten optimizar recursos, disminuir el riesgo de errores humanos y mejorar la eficiencia operativa de los centros de salud. Equipados con sensores y algoritmos de navegación avanzada, estos sistemas pueden detectar obstáculos, adaptar rutas y colaborar dentro del entorno hospitalario sin interferir con otras tecnologías médicas [opensurg2013robotica].

Además, los sistemas móviles autónomos están siendo diseñados para trabajar en coordinación con el personal sanitario y otros dispositivos robóticos, facilitando una asistencia integral y segura. La incorporación de inteligencia artificial y capacidades de aprendizaje aumenta su adaptabilidad y autonomía, posibilitando su uso en contextos cada vez más desafiantes y variados. Esto abre un panorama prometedor para la expansión del uso de la robótica en la atención médica, no solo en cirugía o rehabilitación, sino también en la gestión cotidiana y el soporte logístico hospitalario [opensurg2013robotica].

3.0.0.3. Sillas de rueda con guiado autónomo

Las sillas de ruedas con guiado autónomo incorporan sistemas inteligentes de navegación que facilitan la movilidad de personas con discapacidad motriz, incrementando su independencia. Estas sillas detectan obstáculos y planifican rutas seguras mediante sensores, cámaras y tecnologías de mapeo que les permiten adaptarse a distintos entornos, tanto interiores como exteriores. Así, los usuarios pueden desplazarse con menor esfuerzo y mayor seguridad, reduciendo la dependencia de acompañantes o personal asistencial. El guiado automático ofrece una experiencia más fluida, especialmente útil en espacios complejos o desconocidos, donde la asistencia tradicional puede ser limitada [opensurg2013robotica].

Además, algunas sillas incorporan sistemas de control multimodal que combinan comandos tradicionales (joystick) con asistencia autónoma para facilitar maniobras, optimizar trayectorias y evitar colisiones. Esto permite que el usuario conserve el control durante el desplazamiento, pero con soporte inteligente que mejora la seguridad y confort. El desarrollo continuo en esta área se orienta a mejorar la integración con otros dispositivos médicos y entornos inteligentes, aumentando la autonomía de los usuarios y abriendo nuevos horizontes para la movilidad asistida [opensurg2013robotica].

3.0.0.4. Robots asistenciales para la navegación

Los robots asistenciales para la navegación están diseñados para ayudar a personas con discapacidad visual o motriz a moverse de manera segura e independiente en distintos entornos. Estos robots incorporan tecnologías avanzadas de sensores, cámaras, mapas y algoritmos de inteligencia artificial para guiar y asistir al usuario, evitando obstáculos y ofreciendo indicaciones en tiempo real. Su función es proporcionar orientación precisa y soporte activo durante la navegación, mejorando significativamente la autonomía y seguridad, en especial en espacios complejos, congestionados o poco familiares para los usuarios [opensurg2013robotica].

Además, estos robots suelen integrarse con sistemas de comunicación accesibles que permiten ajustes personalizados según el nivel de discapacidad del usuario, facilitando así un apoyo adaptativo y efectivo. El avance en estas tecnologías está permitiendo el diseño de dispositivos cada vez más compactos, intuitivos y eficientes, con potencial para transformar la experiencia diaria de muchas personas con necesidades especiales, promoviendo la inclusión y la autonomía en diferentes contextos sociales y laborales

[opensurg2013robotica].

4 | Análisis y discusión

4.1. Beneficios médicos demostrados

5 | Conclusiones

5.1. Hipótesis General

Bibliografía

- Camarillo, D. B., Krummel, T. M., and Salisbury, J. K. J. (2004). Robotic technology in surgery: past, present, and future. *American Journal of Surgery*, 188(4A Suppl):2S–15S.
- Capitán del Río, I. (2025). La cirugía robótica. una realidad imparables. *Servicio de Cirugía General y Aparato Digestivo, Hospital San Juan de Dios del Aljarafe*.
- Drake, J. M., Joy, M., Goldenberg, A., and Kreindler, D. (1991). Computer- and robot-assisted resection of thalamic astrocytomas in children. *Neurosurgery*, 29(1):27–33.
- González, J. M. D. et al. (2005). Robótica y prótesis inteligentes.
- Lehman, A. C., Dumpert, J., Wood, N. A., Redden, L., Visty, A., Farritor, S., Varnell, B., and Oleynikov, D. (2009). Dexterous miniature robot for advanced minimally invasive surgery. *Surgical Endoscopy*, 23:260–266.
- Opensurg, C. (2013). Robotica medica notas prácticas para el aprendizaje de la robótica en bioingeniería.
- Pransky, J. (1997). Robodoc-surgical robot success story. *Industrial Robot: An International Journal*, 24(3):231–233.