



Dávila
2023



¿LE DAMOS EL BISTURÍ DEL CIRUJANO A UN ROBOT?

James Gaines

Traducción de Debbie Ponchner

En 2004 la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa de Estados Unidos (DARPA) ofreció un premio de 1 millón de dólares a cualquier grupo que pudiera diseñar un automóvil capaz de conducir por sí mismo a través de más de doscientos kilómetros de terreno accidentado desde Barstow, California, hasta Primm, Nevada. Trece años más tarde, el Departamento de Defensa anunció otro premio, esta vez para médicos autónomos y robotizados.¹

Los robots han estado presentes en el quirófano desde los años ochenta realizando labores como sujetar las extremidades de un paciente y más tarde en cirugías laparoscópicas, en las que los cirujanos pueden utilizar brazos robóticos con mando a distancia para moverse dentro del cuerpo humano a través de pequeños agujeros en lugar de enormes incisiones. Pero estos robots han sido, en esencia, solo versiones muy rebuscadas de los bisturíes y los fórceps que los médicos han utilizado durante siglos —extraordinariamente sofisticados, sin duda, y capaces de operar con una precisión increíble, pero siguen siendo herramientas en manos de un cirujano—.

¹ DoD Medical Simulation and Information Sciences, *Toward A Next-Generation Trauma Care Capability: Foundational Research for Autonomous, Unmanned, and Robotics Development of Medical Technologies Award*. Disponible en <https://acortar.link/3feDaF>

A pesar de los muchos retos, ha habido progreso. Hoy, a casi seis años del anuncio de aquel premio, los ingenieros están dando pasos hacia la construcción de máquinas independientes que no solo puedan cortar o suturar, sino también planificar esos cortes, improvisar y adaptarse. Los investigadores están mejorando la capacidad de la máquina para navegar por las complejidades del cuerpo humano y coordinarse con los médicos.² Aunque el ciru-

de los órganos, la presencia de tejido cicatricial y la ubicación de los nervios o los vasos sanguíneos suelen diferir de una persona a otra.

—Hay mucha variación en cada paciente y creo que eso puede suponer un reto —dice Bárbara Goff, oncóloga ginecológica y cirujana en jefe del Centro Médico de la Universidad de Washington, en Seattle. Ella lleva más de una década utilizando robots quirúrgicos laparoscópicos, de los que no actúan por sí mismos,

¿Cómo podría saber un robot si su bisturí está en el lugar correcto o si los tejidos se han desplazado?

jano robótico verdaderamente autónomo que los militares imaginan —más parecido a los vehículos sin conductor— puede estar todavía muy lejos. Y su mayor reto quizás no sea tecnológico, sino convencer a la gente de que está bien utilizarlos.

NAVEGAR POR LA IMPREVISIBILIDAD

Por un lado, tanto los conductores como los cirujanos deben aprender a desenvolverse en sus entornos específicos, algo que parece fácil en principio, pero que resulta infinitamente complicado en el mundo real. Las carreteras tienen tráfico, equipos de construcción en obras, peatones, todo lo que no necesariamente aparece en Google Maps y el vehículo debe aprender a evitar.

Del mismo modo, aunque un cuerpo humano en general suele ser igual a otro, las películas infantiles tienen razón: todos somos especiales por dentro. El tamaño y la forma precisos

sino que funcionan como una extensión del cirujano.

El hecho de que los cuerpos se muevan plantea una complejidad adicional. Unos cuantos robots ya poseen cierta autonomía, y uno de los ejemplos clásicos es un dispositivo con el nombre (quizá un poco obvio) de ROBODOC, que puede utilizarse en cirugías para rebajar el hueso alrededor de la cavidad de la cadera. Pero un hueso es relativamente fácil de trabajar y, una vez fijado en su sitio, no se mueve mucho.

—Los huesos no se doblan. Y si lo hacen, el problema es mayor —dice Aleks Attanasio, especialista en investigación que ahora trabaja en Konica Minolta y que escribió sobre los robots en la cirugía para el *Annual Review of Control, Robotics, and Autonomous Systems* de 2021.³

Por desgracia, el resto del cuerpo no es tan fácil de fijar en su sitio. Los músculos se contraen, los estómagos gorgotean, los cerebros se agitan y los pulmones se expanden y se con-

² Ver David Levin, "Making microbots smart", *Knowable Magazine*, California, 27 de junio de 2022. Disponible en <https://acortar.link/XUPLQx>

³ Ver "Autonomy in Surgical Robotics", *Annual Review of Control, Robotics and Autonomous Systems*, 2021, vol. 4, California, pp. 651-679. Disponible en <https://acortar.link/QpJ9g3>

traen, por ejemplo —incluso antes de que un cirujano se meta ahí y empiece a mover las cosas—. Un humano puede obviamente ver y sentir lo que está haciendo, pero, ¿cómo podría saber un robot si su bisturí está en el lugar correcto o si los tejidos se han desplazado?

Una de las opciones más prometedoras para este tipo de situaciones dinámicas es el uso de cámaras y un sofisticado software de seguimiento. A principios de 2022, por ejemplo, los investigadores de la Universidad Johns Hopkins utilizaron un dispositivo llamado *Robot Autónomo de Tejido Inteligente* (STAR, por sus siglas en inglés) para volver a coser dos extremos del intestino de un cerdo anestesiado —tarea que potencialmente implica mucho movimiento—, y lo lograron gracias a este sistema visual.⁴

Un operador humano señala los extremos del intestino con gotas de pegamento fluorescente, creando marcadores que el robot puede seguir (un poco como un actor que lleva un traje de captura de movimiento en una película de Hollywood). Al mismo tiempo, un sistema de cámaras crea un modelo tridimensional del tejido mediante una cuadrícula de puntos de luz proyectados sobre la zona. Juntas, estas tecnologías permiten al robot ver lo que tiene enfrente.

—Lo realmente especial de nuestro sistema de visión es que no solo reconstruye el aspecto de ese tejido, sino que, además, lo hace con la suficiente rapidez como para poder operar en tiempo real. Si algo se mueve durante la cirugía, puede detectarlo y seguirlo —afirma Justin Opfermann, codiseñador del sistema STAR

y estudiante de doctorado en ingeniería en Hopkins.

Así, el robot puede utilizar esta información visual para predecir el mejor curso de acción, presentando al operador humano diferentes planes para elegir o comprobándolos entre sutura y sutura. En las pruebas, STAR funcionó bien por sí solo, aunque no a la perfección. En total, el 83 por ciento de las suturas pudo realizarlas de forma autónoma, pero el humano tuvo que intervenir el otro 17 por ciento de las veces para corregir las cosas.

—El 83 por ciento puede superarse, sin duda —dice Opfermann. Gran parte del problema consistía en que el robot tenía algunas difi-



Brazo robótico en el Laboratorio Nacional de Oak Ridge, s/f. Rawpixel ©

⁴ Ver Catherine Graham, “Robots performs first laparoscopic surgery without human help”, John Hopkins University, 26 de enero de 2022. Disponible en <https://acortar.link/04uhNc>

cultades para encontrar el ángulo correcto en ciertas esquinas y necesitaba que un humano le diera un empujón para que entrara en el lugar preciso, dice. Los ensayos más recientes tienen unos índices de éxito que rondan el 90 por ciento. En el futuro, es posible que el humano solo tenga que aprobar el plan y luego contemplarlo, sin necesidad de intervenir.

PASAR LA PRUEBA DE SEGURIDAD

Por ahora, sin embargo, sigue siendo necesario que haya alguien en el "asiento del conductor", por decirlo de alguna manera. Y quizás sea así durante un tiempo para muchos otros robots autónomos: aunque teóricamente podríamos ceder por completo la toma de decisiones en favor del robot, esto deja abierta una

pregunta que también se ha planteado respecto a los automóviles sin conductor.

—¿Qué ocurre si algunas de estas actividades salen mal? ¿Y si el vehículo tiene un accidente? —dice Attanasio.

El consenso actual es que lo mejor es mantener en última instancia el control en manos de los humanos, al menos en un papel de supervisión, revisando y firmando los procedimientos y aguardando en caso de emergencia.

Aun así, demostrar a los hospitales y a las instituciones reguladoras que los robots autónomos son seguros y eficaces puede ser el mayor obstáculo para que estos últimos entren en las salas de operaciones completamente libres de intervención humana. Los expertos tienen algunas ideas sobre cómo sortear esto.



Sistema quirúrgico da Vinci Xi, s/f. Shutterstock ©

Por ejemplo, es probable que los diseñadores deban ser capaces de explicar a las autoridades reguladoras cómo piensan y cómo deciden los robots qué hacer después, dice Attanasio, sobre todo si progresan hasta el punto de no limitarse a asistir a un cirujano humano, sino de ejercer ellos mismos la medicina. Sin embargo, esto puede ser más fácil de decir que de hacer, ya que la mayoría de los sistemas de inteligencia artificial actuales ofrecen a los observadores pocas pistas sobre cómo toman las decisiones. Los ingenieros tendrían que realizar sus diseños teniendo en cuenta desde el principio la “explicabilidad”.

Pietro Valdastrì, ingeniero biomédico de la Universidad de Leeds, en Inglaterra, y uno de los coautores del estudio de Attanasio, cree que es posible que ningún fabricante pueda resolver fácilmente la cuestión de la regulación, aunque propone una solución: hacer un sistema que, aunque sea autónomo, sea intrínsecamente seguro. Esto significa que la próxima generación de robots quirúrgicos podría no parecerse tanto a los automóviles de carretera como a los carritos chocones, donde es imposible sufrir un daño severo.

Valdastrì está trabajando en lo que se conoce como *robots blandos*, sobre todo para las colonoscopias. Tradicionalmente, una colonoscopia requiere serpentear un tubo flexible con una cámara —un endoscopio— a través del intestino para buscar signos tempranos de cáncer de colon, procedimiento recomendado para cualquier persona mayor de 45 años. Saber usar el endoscopio, sin embargo, necesita de mucho tiempo y mucha formación por parte de los operadores, de manera que al haber pocos debidamente cualificados, las listas de espera de pacientes se han disparado.

El uso de un robot inteligente que pueda dirigirse a sí mismo facilitaría mucho el trabajo, como si se tratara de conducir un automóvil en un videojuego, afirma Valdastrì. El médico podría entonces centrarse en lo que realmente debe hacer: detectar los primeros signos de cáncer. En este caso, el robot creado con materiales blandos sería intrínsecamente más seguro que los dispositivos más rígidos. Según Valdastrì, incluso podría reducir la necesidad de anestesia o sedación, ya que evitaría más fácilmente la presión contra las paredes intestinales. Y como el robot no tiene forma de cortar ni de eliminar nada por sí solo, las instituciones reguladoras podrían aceptarlo más fácilmente.

A medida que se desarrolle la tecnología, sugiere Opfermann, los robots autónomos podrían obtener aprobación solo para tareas más sencillas, como sostener una cámara. Aunque si se aprueban más y más de estos trabajos básicos, quizás lleguen a convertirse en un sistema autónomo. Con los automóviles primero tuvimos el control de crucero, dice, pero ahora hay asistencia de frenado, asistencia de carril, incluso aparcamiento asistido, todo lo cual construye un camino hacia el vehículo sin conductor.

—Creo que esto será algo similar, donde vemos pequeñas tareas autónomas que finalmente se encadenan a un sistema completo —dice Opfermann. **U**

knowable EN ESPAÑOL
OF ANNUAL REVIEWS

Este artículo apareció originalmente en *Knowable en español*, una publicación sin ánimo de lucro dedicada a poner el conocimiento científico al alcance de todos. Suscríbese al boletín de *Knowable Magazine*. Disponible en <https://es.knowablemagazine.org/article/technology/2022/le-damos-bisturi-del-cirujano-robot>