



OTRI

Universidad Complutense de Madrid

OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Unidad de Información Científica y Divulgación de la Investigación

“El reto de los robots en Marte es su independencia de los humanos”



Veinte años después desde que la NASA enviara por primera vez a Marte un vehículo móvil, uno de los retos hoy de la robótica espacial es aumentar su independencia de los humanos. Mejorar su autonomía permite recorrer más distancia sobre el planeta rojo y realizar un mayor número de experimentos científicos. Raúl Correal, doctor en Ingeniería Informática por la Universidad Complutense de Madrid e investigador, analiza los avances en este campo y propone un modelo de navegación autónomo.



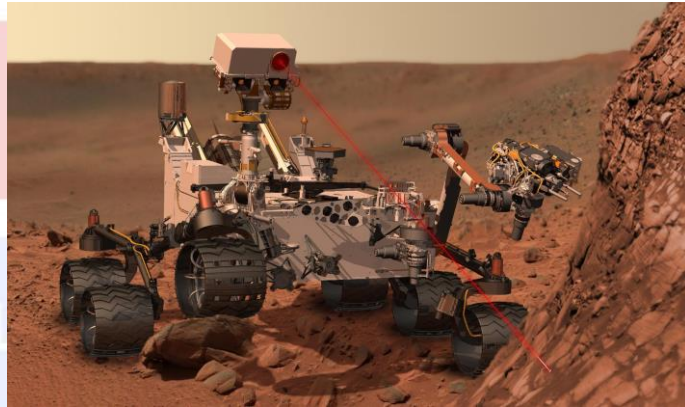
Raúl Correal, ante con una réplica de un rover de exploración espacial. / Raúl Correal.

MARÍA MILÁN. | La primera misión robótica enviada a Marte fue en 1996. ¿En qué consistió?

La misión [Mars Pathfinder](#) lanzada por NASA en diciembre 1996 fue la primera que incluía un vehículo móvil o rover, llamado *Sojourner*, que podía desplazarse sobre la superficie marciana. Era pequeño y de relativamente bajo coste, desarrollado en tres años y con un presupuesto de 150 millones de dólares, bastante ajustado. Fue la primera aproximación a intentar desplegar un vehículo, cargado con una serie de instrumentos científicos, sobre la superficie marciana. La misión fue un éxito y, por primera vez, se consiguió poner un rover sobre Marte.

¿Cómo ha evolucionado la robótica espacial en estas dos décadas?

La principal diferencia de la última misión con respecto a las anteriores es el tamaño del rover, que le permite navegar sobre terrenos más abruptos, impracticables para vehículos más pequeños. Desde la primera misión *Pathfinder*, NASA ha conseguido que aterricen con éxito otros vehículos sobre Marte, como las misiones [MER](#) (2004) y [MSL](#) (2012). En ambas, los rovers cada



El rover Curiosity en Marte, de la misión MSL. / [NASA](#).

vez han sido de mayor tamaño, más sofisticados y las misiones más caras. El *Sojourner* de la misión *Pathfinder* tenía un peso de poco más de diez kilogramos, mientras que el último rover lanzado, el *Curiosity* de la misión *MSL* tiene un peso de 900 kilogramos, y un tamaño similar al de un coche. Su coste supera los dos mil millones de euros.

Además de la estructura del robot, ¿ha cambiado su tecnología?

Algunas de las tecnologías y estrategias son las mismas, como el aterrizaje: un paracaídas y un conjunto de airbags que rodean al vehículo y que se inflan. Otros aspectos han mejorado sustancialmente, como la capacidad de desplegar rovers de mucho mayor tamaño, capaces de albergar un mayor número de instrumentos científicos, que es el objetivo final de estas misiones, para poder realizar más experimentos. La misión MSL ha heredado muchas de las tecnologías relacionadas con la movilidad que fueron desarrolladas para las anteriores, como las seis ruedas, el diseño *rocker-bogie* para la suspensión, las cámaras estéreo sobre un mástil para seleccionar objetivos de exploración y rutas, y otras capacidades de navegación autónoma.

Con estos cambios, ¿ha ido variando la información obtenida en cada proyecto?

Cada misión a Marte ha incluido una serie de instrumentos científicos diferentes, permitiendo obtener datos sobre la geología marciana, su climatología, radiación, atmósfera o composición del suelo, así como realizar ciertos estudios sobre el pasado del planeta y la posibilidad de haber contenido agua o albergado vida en el pasado. En cada misión se han obtenido información y datos de distinta naturaleza, dependiendo de los instrumentos científicos embarcados en el rover.

¿Cómo se comunica este con la Tierra?

Las comunicaciones están bastante limitadas entre Marte y la Tierra. El rover se comunica con un satélite que pasa sobre él dos veces al día durante unos minutos, el tiempo disponible para descargar y subir datos. Este satélite envía, a su vez, estos



OTRI

Universidad Complutense de Madrid

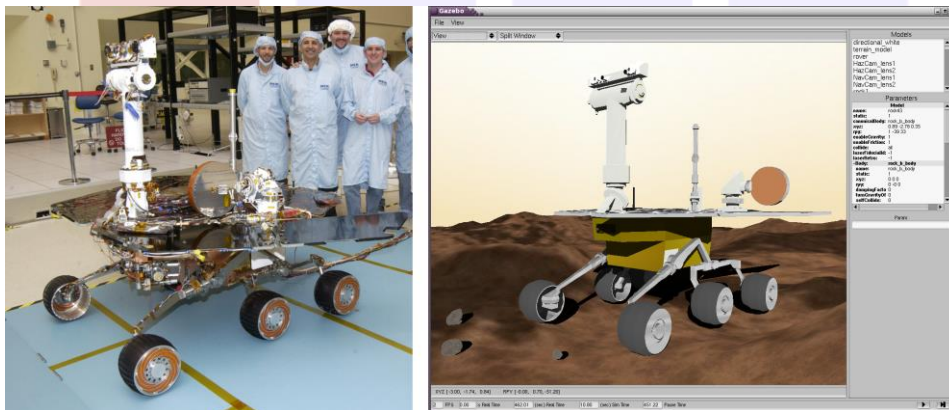
OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Unidad de Información Científica y Divulgación de la Investigación

datos a Tierra. Si el vehículo tiene un problema que no sabe resolver, ha de parar su operación hasta la próxima pasada del satélite, subir los datos para ser enviados y esperar a que vuelva a pasar, unas doce horas después, para recibir una posible respuesta de los operadores humanos, en caso de que estos hayan tenido tiempo de elaborar una respuesta. Si no, el robot tendría que esperar a que la respuesta estuviera disponible y recibirla en otra ocasión.

En su investigación propone un modelo para conseguir una navegación autónoma de los robots. ¿Cómo es esta en la actualidad?

Estos vehículos operan de manera semiautónoma, es decir, a caballo entre planes minuciosamente preparados por los operadores en Tierra y navegación autónoma, en la que el rover tiene capacidad de decidir dónde navegar para alcanzar el objetivo marcado. Actualmente, y a diferencia de misiones previas, los robots son capaces de planificar no solamente uno o dos movimientos (de 6 a 10 metros) de manera autónoma, sino hasta 50 metros más allá de su posición actual, evitando obstáculos y zonas potencialmente por las que decide no navegar, lo que supone una importante mejora en las capacidades de navegación autónoma y retorno científico de la misión.



Comparación del modelo de simulación creado por Correal y su equipo y el rover real. / Raúl Correal.

¿Qué implicaciones tiene conseguir un mayor nivel de autonomía robótica?

Aumentar la independencia de operadores humanos. Esto supone tener un vehículo capaz de resolver el mayor número posible de situaciones con las que se pueda encontrar sin depender de una resolución humana. También posibilita recorrer una mayor distancia sobre el planeta y realizar un mayor número de experimentos científicos. Además, implica un abaratamiento de la misión, el equipo de operadores humanos se puede reducir y se podría aumentar el tiempo de operación o el número de misiones. Un efecto añadido del incremento de autonomía en estos vehículos es el aumento del retorno científico de la misión, entendido como la recepción de más información de un mayor número experimentos.

¿Cómo cambiaría la autonomía de los vehículos según su investigación?

A grandes rasgos, lo que se está presentando es el diseño, implementación y resultados de una estrategia de navegación autónoma para robots de exploración planetaria, basada en visión estereoscópica. En el trabajo se detalla este diseño y la



OTRI

Universidad Complutense de Madrid

OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Unidad de Información Científica y Divulgación de la Investigación

necesidad de tener un entorno que permita validarlo, así como la eficacia de la estrategia de simulación, y de toda la algoritmia y software implicados. Este modelo podría servir de partida para el control de un futuro explorador, como por ejemplo el robot de la misión [ExoMars](#), que se espera que sea lanzado por la Agencia Espacial Europea en 2020. También destacamos la complejidad y el coste asociado de poder trabajar con un robot con las características de un rover, y lo difícil que resulta realizar pruebas en un entorno marciano, bien recreado artificialmente o bien, viajando a alguna zona del planeta con condiciones del terreno similares a las de Marte.



Referencia bibliográfica: R. Correal, G. Pajares y J.J. Ruz. “Autonomy for ground-level robotic space exploration: framework, simulation, architecture, algorithms and experiments”, *Robotica*, 34, febrero de 2016. DOI: [10.1017/S0263574714001428](https://doi.org/10.1017/S0263574714001428).

