

Catálogo de la exposición / Exhibition catalogue

Tras la Luna. Explorando los límites del espacio
Beyond the Moon. Exploring the limits of Space



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN

FECYT

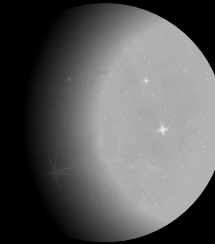
FUNDACIÓN ESPAÑOLA
PARA LA CIENCIA
Y LA TECNOLOGÍA



MUNCYT
MUSEO NACIONAL DE
CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Tras la Luna. Explorando los límites del espacio / Beyond the Moon. Exploring the limits of Space

Catálogo de la exposición / Exhibition catalogue



TRAS LA LUNA

Explorando los límites del espacio
Beyond the Moon. Exploring the limits of Space

TRAS LA LUNA

Catálogo de la exposición / Exhibition catalogue

Explorando los límites del espacio

Beyond the Moon. Exploring the limits of Space

Créditos de la exposición

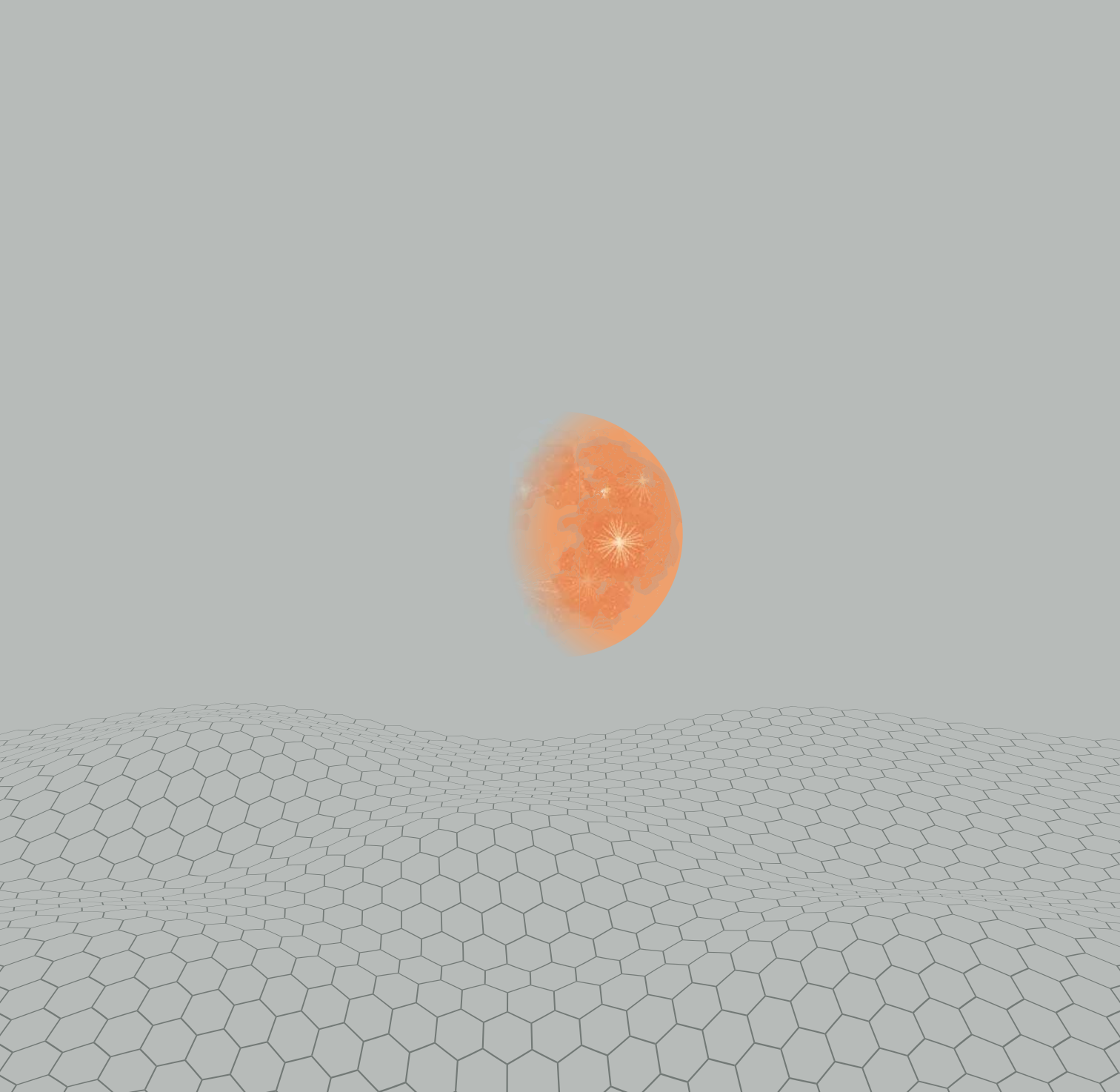
Exhibition credits

Ministerio de Ciencia e Innovación Ministry of Science and Innovation	Ministro / Minister Pedro Duque Duque
Secretaría General de Investigación General Secretariat for Research	Secretario General /General Secretary Rafael Rodrigo Montero
Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología Spanish Foundation for Science and Technology	Directora General / Director-General Paloma Domingo García
Museo Nacional de Ciencia y Tecnología The National Museum of Science and Technology	Directora / Director Marina Martínez de Marañón Yanguas



Comisariado científico Scientific advisor	Carlos González Pintado Juan Ángel Vaquerizo Gallego Eva Villaver Sobrino
Coordinación Coordinator	Rosa M ^a Martín Latorre
Comisariado técnico Technical advisor	Emilio José Bande Fuentes Ignacio de la Lastra González
Restauración Restoration	Joaquina Leal Pérez-Chao

Diseño, producción y montaje de la exposición Exhibition design, production and assembly	Avellana de Wasabi S. L.
Locuciones Voice-over	Aristia Producciones y Espectáculos S. L.
Mediador comunicativo LSE Communicative mediation SSL	Jaime Leoncio Soto
Maqueta de rover Rover replica	Corpóreos
Diseño y maquetación del catálogo Catalogue design and layout	Avellana de Wasabi S. L.
Impresión del catálogo Catalogue printing	Advantia Comunicación Gráfica S. A.
Edita Edited by	Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología
Agradecimientos Special thanks to	Ayuntamiento de Fresnedillas de la Oliva Centro del Espacio y la Ciencia - Museo Lunar CAB - Centro de Astrobiología (CSIC-INTA) INTA - Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial GRANTECAN – Gran Telescopio CANARIAS IBM - International Business Machines Corporation RTVE - Radio Televisión Española ESA - European Space Agency NASA - National Aeronautics and Space Administration ROSCOSMOS - Agencia Espacial Federal de Rusia Facultad de Ciencias Físicas - Universidad Complutense de Madrid Daniel López Luis Martín Rivera Larry Haug y Colin Mackellar Aparentia / August Bagan/ Vasile Balan / Ricardo Brunner
E-NIPO NIPO DL	831200084 83120009X M-12120-2020
Síguenos en Follow us at	www.muncyt.es @muncyt FACEBOOK.COM/MUNCYT @muncyt_es

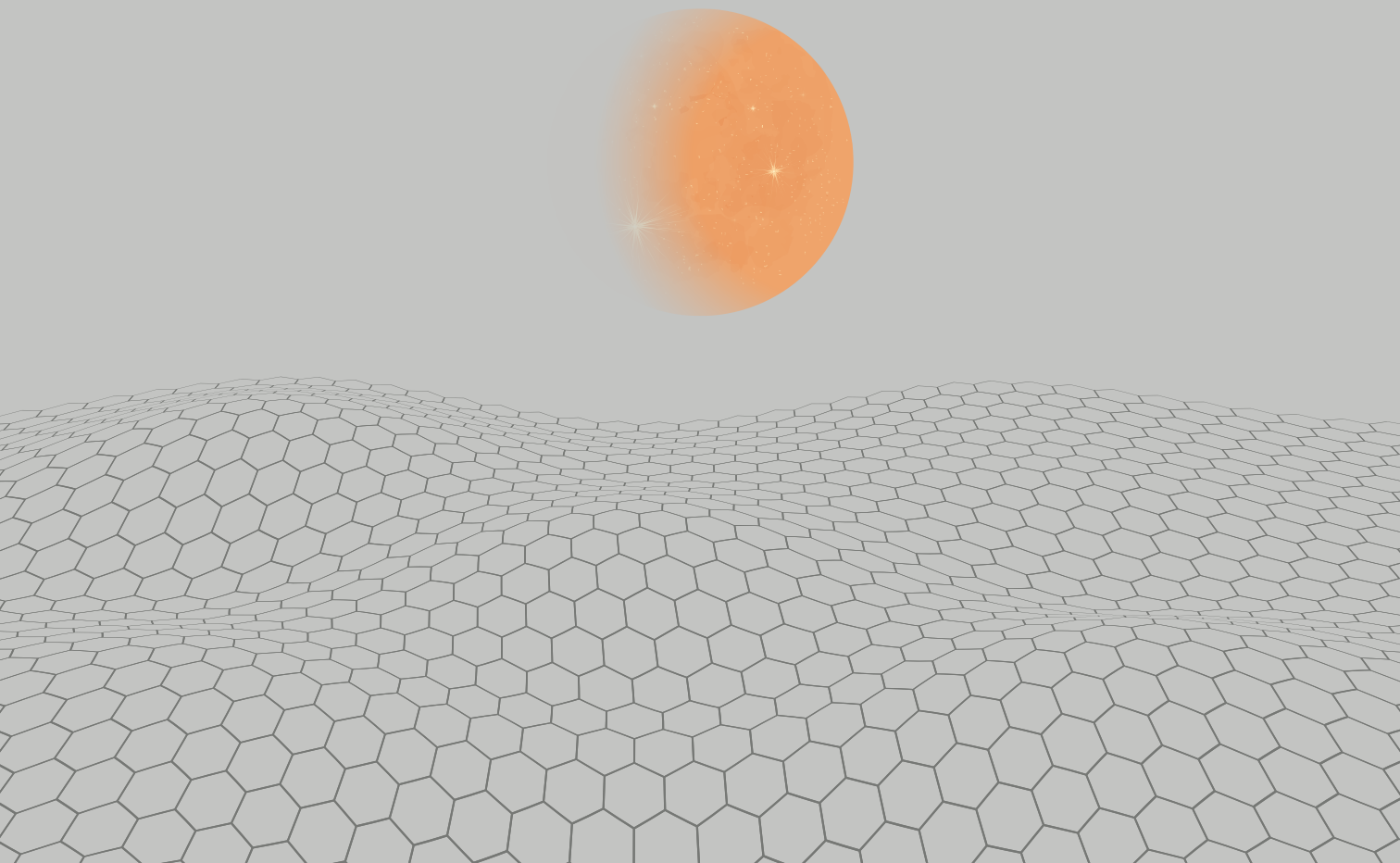


Índice/ Index

2	Presentación Presentation
4	Introducción Introduction
6	Aquellos maravillosos años Those wonderful years
10	El sistema de cálculo que permitió llegar a la Luna The computers that made the trip to the Moon possible
24	Cuando las máquinas no eran de fiar When machines could not be trusted
56	Apollo 11: Un salto de gigante Apollo 11: A giant step
58	El Águila ha aterrizado The Eagle has landed
62	En caso de emergencia In the case of an emergency
68	El cohete más potente jamás construido The most powerful rocket ever built
72	La estación de seguimiento de Fresnedillas de la Oliva The tracking station in Fresnedillas de la Oliva
80	El impacto en la sociedad española The impact in Spanish society
86	Vida y Universo Life and the Universe
90	Exoplanetas Exoplanets
94	Vida en el Sistema Solar Life in the Solar System
100	Interferómetros y ondas gravitatorias Interferometers and gravitational waves
104	Agujeros negros Black holes
108	Midiendo las distancias con más precisión Measuring distances more precisely
115	Así se hizo la exposición Exhibition making-of
121	Tarjeta perforada Punch card

Presentación

Presentation



Los aniversarios de los grandes acontecimientos de la historia tienen el poder de unirnos en recuerdos y conmemoraciones. Así ha ocurrido en 2019, un año durante el que se han sucedido las actividades que han permitido conocer a algunos y revivir a otros muchos, los detalles de la preparación y culminación de una de las mayores gestas de la humanidad: la llegada del ser humano a la Luna.

El Museo Nacional de Ciencia y Tecnología se ha sumado a la celebración de los cincuenta años de aquel viaje con un programa de actividades dedicadas a la Luna y la exploración espacial que enmarcan la exposición temporal “Tras la luna. Explorando los límites del Espacio” en la que invitamos a nuestros visitantes a ir un poco más allá de aquel acontecimiento. La muestra nos presenta los grandes avances tecnológicos que hicieron posible el aterrizaje de un vehículo y sus ocupantes en la Luna, recrea la forma en la que lo vivió la sociedad y nos cuenta el papel que jugó España en este acontecimiento a través de la estación de seguimiento de Fresnedillas de la Oliva. Este recorrido, además, nos invita a conocer los avances que debemos a esta carrera tecnológica y nos acerca al no menos apasionante presente de la exploración espacial, la búsqueda de vida en nuestro Sistema Solar y más allá de él, la exploración robotizada de otros cuerpos celestes, los agujeros negros, las ondas gravitacionales, la interferometría como herramienta de exploración... Todo un universo de descubrimientos, en suma, con unos límites tan lejanos como los de la inquietud y curiosidad del ser humano.

The anniversaries of important events in history have the power to unite us in remembrance and commemoration. That is what happened in 2019, a year of activities that allowed us to learn about some of them and relive many others, the details of the preparation and culmination of one of the greatest feats of humanity: the arrival of the human being on the Moon.

The National Museum of Science and Technology has joined in the celebration of the 50th anniversary of that trip with a program of activities dedicated to the Moon and space exploration, framing the temporary exhibition ‘Beyond the Moon. Exploring the Limits of Space’, in which we invite our visitors to go a little further than that event. The exhibition presents the great technological advances that made it possible for a vehicle and its occupants to land on the Moon, recreates the way in which society experienced this and tells us about the role played by Spain in this event through the Fresnedillas de la Oliva tracking station. This tour also invites us to learn about the advances we owe to this technological race and brings us closer to the no less exciting present of space exploration, the search for life in our Solar System and beyond, the robotic exploration of other celestial bodies, black holes, gravitational waves, interferometry as an exploration tool... In sum, a whole universe of discoveries with limits as distant as those of the inquisitiveness and curiosity of the human being.

Marina Martínez de Marañón Yanguas
Directora del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología
Director of The National Museum of Science and Technology

Introducción

Introduction

“Sono dunque soli innumerabili, sono terre infinite, che similmente circuiscono que’ soli; come veggiamo questi sette circuire questo sole a noi vicino.” Giordano Bruno, (1584). *De l’infinito universo e mondi*. Dialogo Terzo. Elpino a Filoteo.

“Existen, por tanto, innumerables soles y existen infinitas tierras que giran igualmente alrededor de esos soles, del mismo modo que vemos estos siete girar alrededor de nuestro sol.” Giordano Bruno, (1584). *Sobre el infinito universo y los mundos*. Tercer Diálogo. Elpino a Filoteo.

‘There are then innumerable suns, and an infinite number of earths revolve around those suns, just as the seven we can observe revolve around this sun which is close to us.’ Giordano Bruno, (1584). *On the Infinite Universe and Worlds*. Third Dialogue. Elpino to Filoteo.

En el interés por el universo confluyen dos de las cualidades más arraigadas en el ser humano: la curiosidad y la imaginación. Fruto de la necesidad innata del ser humano de comprender y explorar surge la ciencia y de su mano, la tecnología. Ambas han permitido a la humanidad protagonizar la epopeya del espacio: el desarrollo de la capacidad de realizar viajes espaciales y de alcanzar el ansiado objetivo de visitar otro mundo, la Luna.

Pero no todo terminó ahí. Lo que se consideró un “pequeño paso” para el ser humano y un “gran salto” para la humanidad ha impulsado la exploración robótica de prácticamente todo el Sistema Solar. Actualmente, la exploración humana del espacio se contempla ya como un objetivo al alcance de la tecnología y su investigación a gran escala, como la última frontera del conocimiento.

Esta exposición invita a los visitantes a sentirse partícipes de la gesta iniciada en la segunda mitad del siglo XX y del fascinante futuro de la exploración científica del espacio.

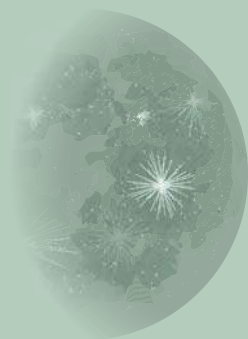
Curiosity and imagination are two of the attributes that define human beings. They drive our interest to understand, explore and uncover the secrets of the Universe, laying the groundwork for the development of science and, along with it, technology. Thanks to both of them, humanity has been able to undertake the space epic and, thus, develop the capacity to travel into space and achieve the dream of visiting another world, the Moon.

But that was just the beginning of this awesome journey. What was considered a ‘small step’ for man and a ‘giant leap’ for mankind has inspired our exploration of virtually the entire Solar System with robotic missions. Today, technology has put human space exploration within reach, and researching the Universe at a grand scale is viewed as the final frontier of knowledge.

This exhibition encourages visitors to gain a first-hand experience with these feats, which started in the second half of the 20th century, and to learn about the intriguing future of scientific space exploration.



Aquellos maravillosos años Those wonderful years



A principios de la década de 1960 comenzó la exploración humana del espacio. Pocos años antes, el lanzamiento de los primeros satélites artificiales había iniciado la carrera espacial y el cosmos se convertía en un escenario más de la pugna entre EE. UU. y la URSS durante la Guerra Fría. Vuelos tripulados y sondas robotizadas compitieron por las primicias de los descubrimientos.

Entretanto, la vida cotidiana se transformaba día a día como resultado del desarrollo tecnológico. Las nuevas herramientas sustituían paulatinamente el trabajo artesanal de épocas anteriores. Los ordenadores hicieron acto de presencia, pero a menudo su gran tamaño era un inconveniente insalvable para su utilización. Además, en aquella época, gran parte de la tecnología que se utiliza hoy en día aún no estaba desarrollada y en algunos casos ni siquiera imaginada.

Conocer los medios tecnológicos con los que se llevó a cabo, nos ayuda a valorar mejor la gran profesionalidad de quienes posibilitaron el ansiado objetivo de llegar a la Luna.

Human space exploration started back in the early 1960s. The launch of the first manmade satellites triggered the space race, and the cosmos became yet another battleground in the Cold War between the USA and the USSR. Crewed space flights and robotic probes competed to be the first to make new discoveries.

In parallel, everyday life was constantly changing with new technological developments. These new tools gradually took over where humans had toiled in the past and computers were a part of them, but they were so huge it was difficult to find room to place them. In addition, a lot of the technology we use today had not even been developed in that period, and sometimes it had not even been imagined.

Learning about the technology behind the journeys to the Moon helped us to better appreciate the incredible professionalism of those who made that much sought-after goal possible.

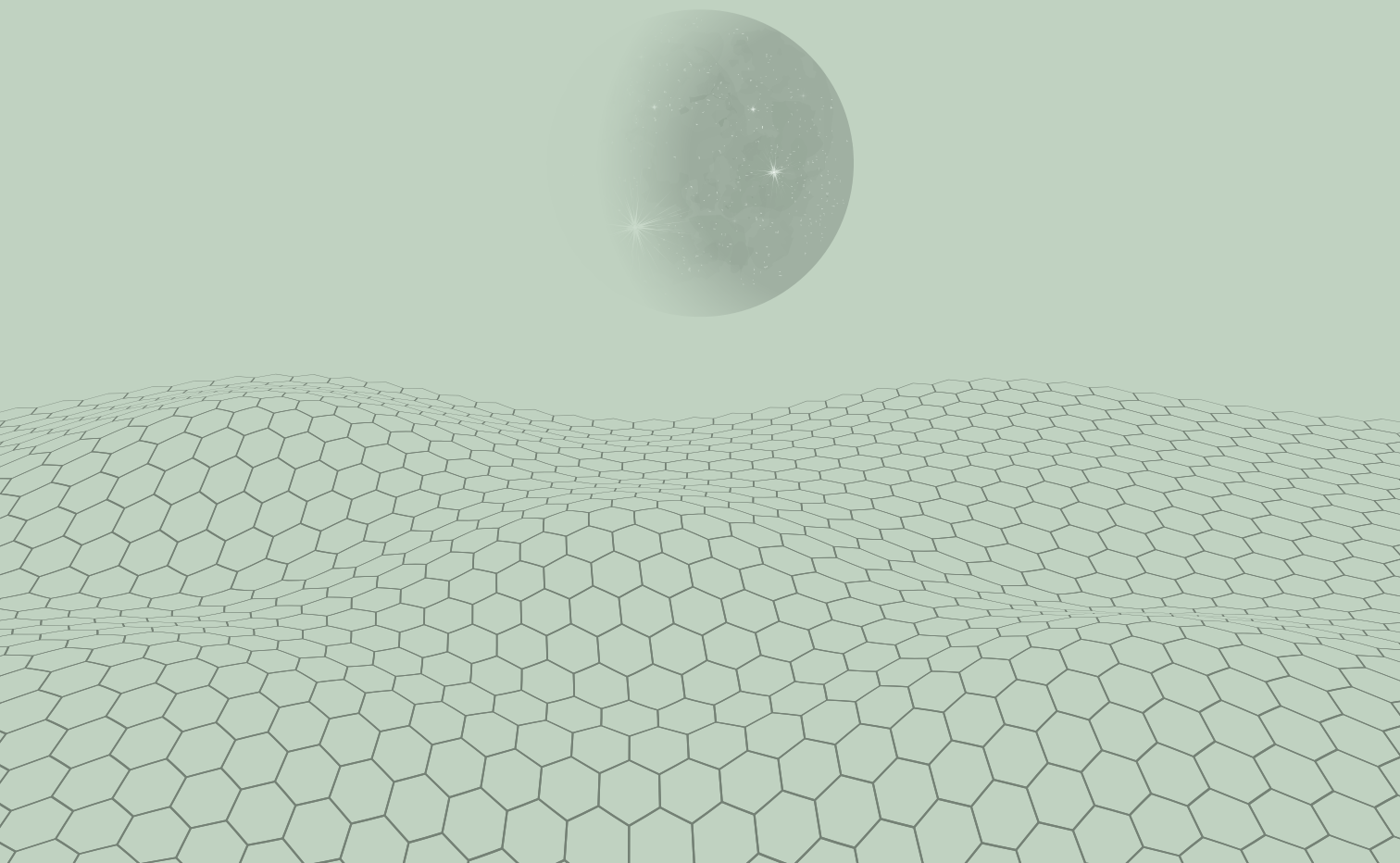
Imagen / Image: Álvaro Muñoz Guzmán

Aquellos maravillosos años
Those wonderful years



El sistema de cálculo que permitió llegar a la Luna

The computers that made the trip to the Moon possible



La tecnología más puntera de la época fue diseñada para el Programa Espacial. El gigante de los sistemas de computación IBM proporcionó los ordenadores que ayudaron a la NASA a desarrollar el programa Apollo. En el Goddard Space Flight Centre (Maryland) y en el Manned Spacecraft Center (Houston), centros desde los que se dirigieron las misiones de este programa, se instalaron sendos sistemas IBM 360 Modelo 75. Estos equipos eran los más avanzados de la época y ocupaban habitaciones enteras.

Para afrontar el viaje a la Luna, cada uno de los dos módulos que integraban la nave —el módulo lunar (LM) y el módulo de mando y servicio (CSM)—, necesitaba su propio ordenador. Debían ser dispositivos pequeños y ligeros pero con la capacidad de cálculo adecuada para realizar su tarea. Diseñado por el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y fabricado por Raytheon, el Apollo Guidance Computer supuso un hito de miniaturización con unas dimensiones de 32 x 61 cm y un peso de solo ¡32 kilos!

The cutting-edge technology of the era was designed specifically for the Space Program. IBM, the giant in computational systems, supplied the computers that helped NASA develop the Apollo Project. IBM 360 Model 75 systems were installed at the Goddard Space Flight Centre (Maryland) and the Manned Spacecraft Centre (Houston); these centres were the key of the Space Program. They were the most advanced computers of the era and took up entire rooms.

To travel to the Moon, each of the two modules in the spacecraft —the Lunar Module (LM) and the Command and Service Modul (CSM)— needed their own dedicated computers. They had to be small and lightweight yet be powerful enough to do their job. Designed by the Massachusetts Institute of Technology (MIT) and manufactured by Raytheon, the Apollo Guidance Computer was a milestone of miniaturisation, measuring 32 x 61 cm and weighing just 32 kilos!



Fotografía de Margaret Hamilton tomada en 1995
Photograph of Margaret Hamilton taken in 1995

Fotógrafa / Photographer: Daphne Weld Nichols

Imagen / Image: Wikimedia Commons - Public domain

Margaret Hamilton

Margaret Hamilton, directora de la división de ingeniería de software del Massachusetts Institute of Technology (MIT), fue la líder del equipo que desarrolló las herramientas informáticas (los algoritmos y el ensamblador) necesarios para el funcionamiento de los ordenadores que controlaban tanto el módulo lunar como el módulo de mando y servicio de las misiones Apollo. Además, ideó un sistema de alarmas y de detección de errores.

Sin su innovador enfoque, el aterrizaje del *Apollo 11* en la Luna no hubiera sido posible.

Margaret Hamilton, director of the Software Engineering Division of the Massachusetts Institute of Technology (MIT). She led a team which was responsible for developing in flight software tools (algorithms and modeling language) used by the Lunar (LM) and Command and Service (CSM) modules of the Apollo space program. The design also included error and alarm detection.

Without her innovative approach, Apollo 11 lunar landing would have not been possible.

Margaret Hamilton, ingeniera de sistemas principal del vuelo Apollo, en el módulo de comando del Apollo.

Margaret Hamilton, lead Apollo flight software engineer, in the Apollo Command Module.

Imagen / Image: NASA / Wikimedia Commons - Public domain



Apollo Guidance Computer

La NASA instaló ordenadores a bordo de las naves para asistir a los astronautas. Con ellos podían, entre otras funciones, calcular las trayectorias orbitales en los módulos de mando y lunar.

En torno a 1965, el equipo liderado por Margaret Hamilton desarrolló el software de este ordenador: el llamado Apollo Guidance Computer (AGC). La tripulación del *Apollo 11* se comunicaba con el AGC a través de una interfaz gráfica llamada DSKY (Display Keyboard).

Gracias al Apollo Guidance Computer —cuya memoria era un millón de veces inferior a la de un smartphone actual—, la misión Apollo 11 fue completada con éxito.

NASA installed computers aboard the crafts to assist the astronauts. With them, they could, among other functions, calculate the orbital trajectories in the command and lunar modules.

Around 1965, the team led by Margaret Hamilton developed the software for this computer: the so-called Apollo Guidance Computer (AGC). The crew of *Apollo 11* communicated with the AGC through a graphic interface called DSKY (Display Keyboard).

Thanks to the Apollo Guidance Computer —whose memory was a million times less than that of a current Smartphone—, the Apollo 11 mission was successfully completed.

Sistema informático en tiempo real de la NASA en Houston
IBM System/360 Model 75

The Real Time Computer Complex (RTCC) at NASA in Houston
IBM System/360 Model 75

Cedido por / Courtesy of: International Business Machines Corporation
© International Business Machines Corporation



IBM - NASA

La implicación de IBM —International Business Machines, empresa multinacional estadounidense de tecnología fundada a inicios del siglo XX—, con el programa espacial de Estados Unidos antecede incluso a la propia creación de la NASA. Una vez fundada por el presidente Eisenhower en 1958, los ordenadores de IBM resultaron fundamentales para el éxito de los programas Mercury y Gemini en el transcurso de la década de 1960. Asimismo, la colaboración de IBM en el programa Apollo resultó decisiva, hasta tal punto que Gene Kranz, director de vuelo del *Apollo 11*, afirmó que “sin IBM y los sistemas que aportaron nunca habríamos aterrizado en la Luna”.

The involvement of IBM —International Business Machines, an American multinational technology company founded at the beginning of the 20th century— with the US space program even precedes the creation of NASA itself. Once founded by President Eisenhower in 1958, IBM's computers were instrumental in the success of the Mercury and Gemini programmes during the 1960s. IBM's involvement in the Apollo program was also critical, so much so that Gene Kranz, Flight Director for *Apollo 11*, said that ‘without IBM and the systems they provided, we would not have landed on the Moon’.



Sistema informático IBM 1130

IBM 1130 Computer System

Imagen / Image: Álvaro Muñoz Guzmán



Imagen / Image: **Álvaro Muñoz Guzmán**

Sistema Informático IBM 1130
IBM 1130 Computer System
International Business Machines Corporation (IBM)

CE1988/022/0001 al CE1988/022/0006
CE1988/022/0008 al CE1988/022/0012

Sistema informático IBM 1130 c. 1968

El sistema informático IBM 1130 —introducido por IBM hacia 1965— era una instalación para el procesamiento de datos de carácter versátil y económico y con una amplia variedad de aplicaciones.

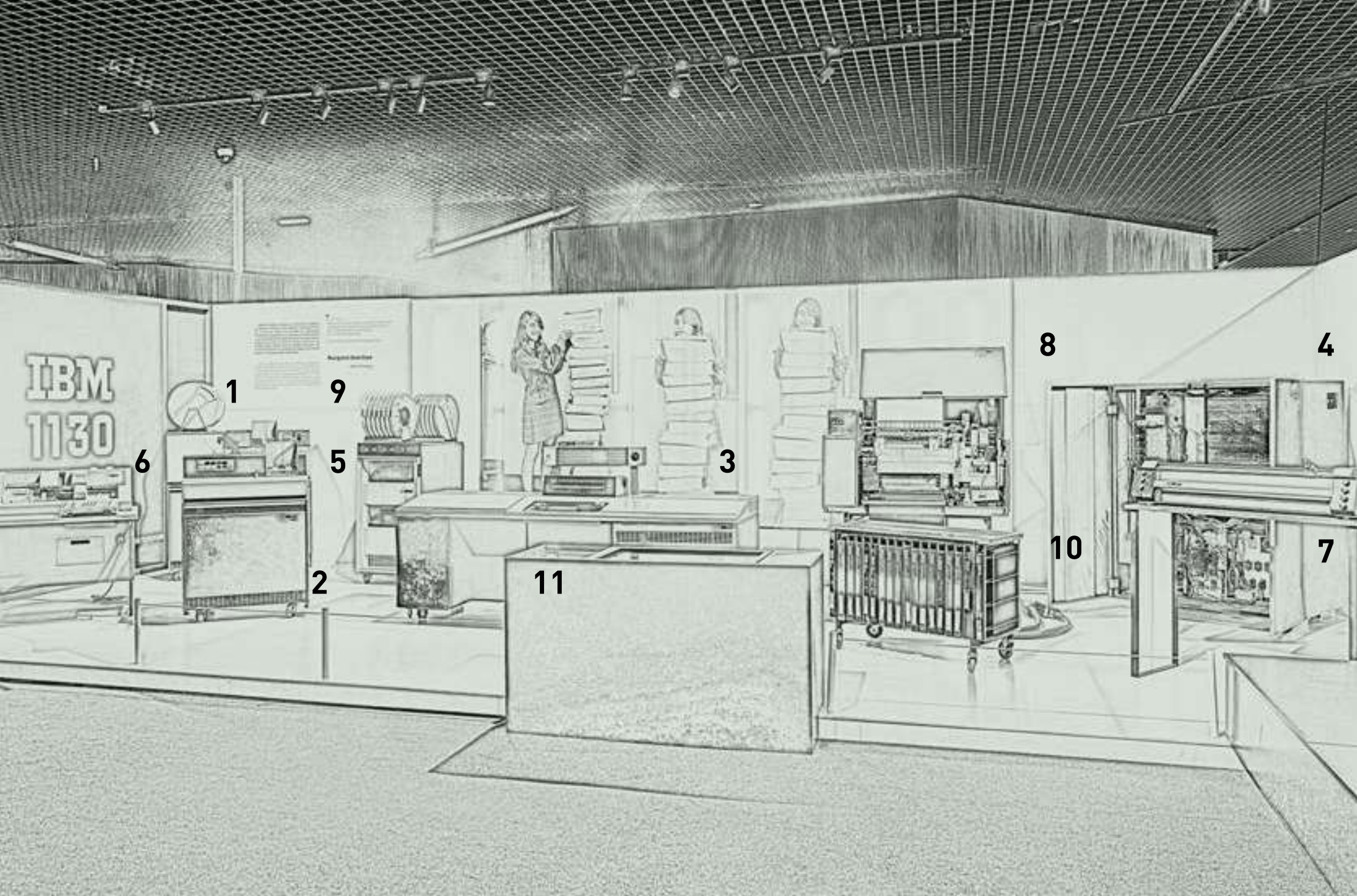
El IBM 1130 que conserva el MUNCYT se fabricó hacia 1968 y se mantuvo en funcionamiento durante más de 20 años en el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas).

En su configuración más popular el IBM 1130 se comercializaba con la CPU IBM 1131 y una capacidad de almacenamiento de 4096, 8192, 16384, o 32 768 palabras de 16 bits y un tiempo de acceso de 3,6 microsegundos.

The IBM 1130 Computer System —introduced by IBM around 1965— was a versatile and cost-effective data processing system with a wide variety of applications.

The IBM 1130 that MUNCYT preserves was manufactured around 1968 and remained in operation for over 20 years at the Centre for Hydrographic Studies of CEDEX (Public Works Studies and Experimentation Centre).

In its most popular configuration, the IBM 1130 was marketed with the IBM 1131 CPU and a storage capacity of 4096, 8192, 16384, or 32768 16-bit words and an access time of 3.6 microseconds.



Componentes que se muestran en exposición:

1. Lectora-perforadora de tarjetas IBM 1442
2. Lectora de tarjetas IBM 2501
3. Unidad de procesamiento central IBM 1131
4. Multiplexor IBM 1133
5. Unidad de almacenamiento en disco IBM 2310
6. Perforadora de Tarjetas IBM 29
7. Plóter o trazador gráfico IBM 1627 II
8. Impresora IBM 1403
9. Cartucho de almacenamiento IBM 2315
10. Manuales
11. Tarjetas perforadas

Components shown on exhibition:

1. IBM 1442 Card Read-Punch
2. IBM 2501 Card Reader
3. IBM 1131 Central Processing Unit
4. IBM 1133 Multiplex Controller Enclosure
5. IBM 2310 Disk Storage
6. IBM 29 Card Punch
7. IBM 1627 II Plotter
8. IBM 1403 Line Printer
9. IBM 2315 Disk Cartridge
10. Manuals
11. Punch cards

Cuando las máquinas no eran de fiar

When machines could not be trusted

Las nuevas herramientas tecnológicas eran alternativas eficientes al trabajo manual en la vida diaria. Estos aparatos suponían una gran mejora en los sistemas de comunicación, de escritura, de cálculo o de computación, pero no fueron aceptados rápidamente, sino que tuvieron que demostrar su eficacia y fiabilidad. Así, un balance realizado con la calculadora del momento era repasado a mano para mayor seguridad.

Las nuevas tecnologías informáticas para el cálculo, especialmente en grandes centros de trabajo, convivían con la labor de decenas de personas, en su mayoría mujeres, que realizaban operaciones matemáticas con la ayuda de un siempre fiable ábaco o una calculadora mecánica.

Los propios astronautas antes de los lanzamientos confirmaban que los cálculos de los ordenadores hubieran sido cotejados por las “chicas del MIT”. Además, llevaban con ellos a bordo de los vuelos espaciales un sextante y una regla de cálculo para realizar sus propias comprobaciones.

On everyday life, these new technological tools were efficient alternatives to manual labour. They brought huge improvements in communication, writing, calculation and computational systems, but it took some time before they became widespread. First, proof was needed that they were effective and reliable. For example, a balance sheet made with a calculator had to be hand-checked just to be sure it was accurate.

Especialmente en grandes centros de trabajo, las nuevas tecnologías de cálculo informático se usaban en paralelo a decenas de trabajadores, la mayoría mujeres, que realizaban operaciones matemáticas con la ayuda de un siempre fiable ábaco o una calculadora mecánica.

Before the spaceships took off, the astronauts themselves asked whether the ‘MIT girls’ had checked the computer calculations. In addition, they carried a sextant and a slide rule on board so they could check the calculations themselves.



**Cuando las máquinas no
eran de fiar**
**When machines could not
be trusted**

Imagen / Image: Álvaro Muñoz Guzmán

Memoria de anillos de ferrita 1950-1960

Las memorias de núcleo de ferrita, inventadas en los años 50, fueron fundamentales en la carrera por el liderazgo de la incipiente industria del computador. Esta memoria de fabricación artesanal, en la que los anillos de ferrita se enhebraban a mano con hilo de cobre, proporcionaba un almacenamiento de 8704 bits o lo que es igual, 1088 B o 1 KB más 64 B de control. Cada anillo de ferrita almacenaba la información de un bit.

Ferrite core memories, invented in the 1950s, were instrumental in the race for leadership in the fledgling computer industry. This handcrafted memory, in which the ferrite rings were threaded by hand with copper wire, provided 8704 bits or 1088 B or 1 KB plus 64 B of control storage. Each ferrite ring stored the information of one bit.

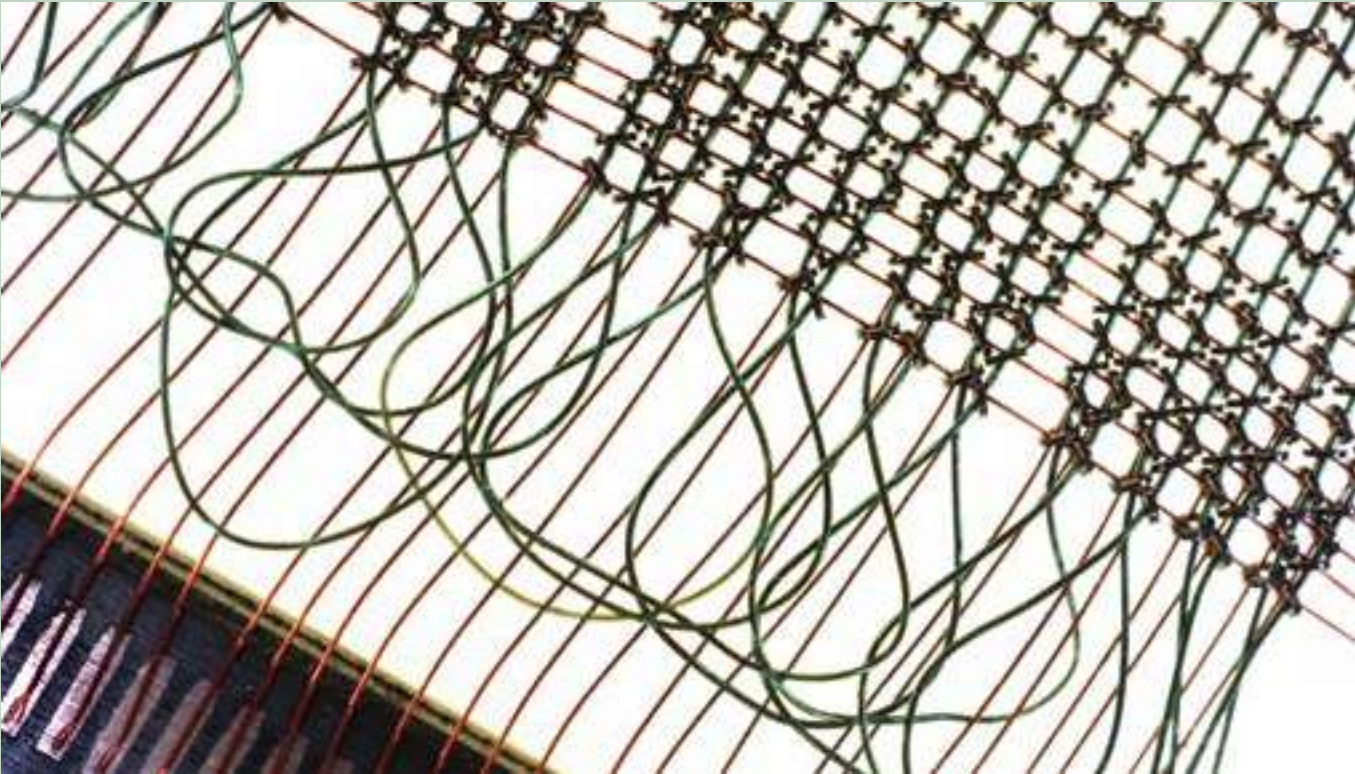


Imagen / Image: José Latova Fernández-Luna

Memoria de anillos de ferrita
Ferrite core memory

CE0000/00/0168

Memoria de línea de retardo 1975

Memoria de línea de retardo —Delay Line Memory— del microordenador diseñado y fabricado por Olivetti, Programma 602, en 1971. Este modelo fue el sucesor del Programma 101 —una de las primeras unidades comerciales de calculadora electrónica programable— y se catalogó como un “súper microordenador”. Esta memoria, que almacena la información por vibración de un alambre metálico, sería el equivalente a la memoria RAM actual.

Delay Line Memory of Programma 602, the microcomputer designed and manufactured by Olivetti in 1971. This model was the successor of the Programma 101 —one of the first commercial programmable electronic calculator units— and was classified as a ‘super microcomputer’. This memory, which stores information by vibrating a metal wire, would be the equivalent of today’s RAM.

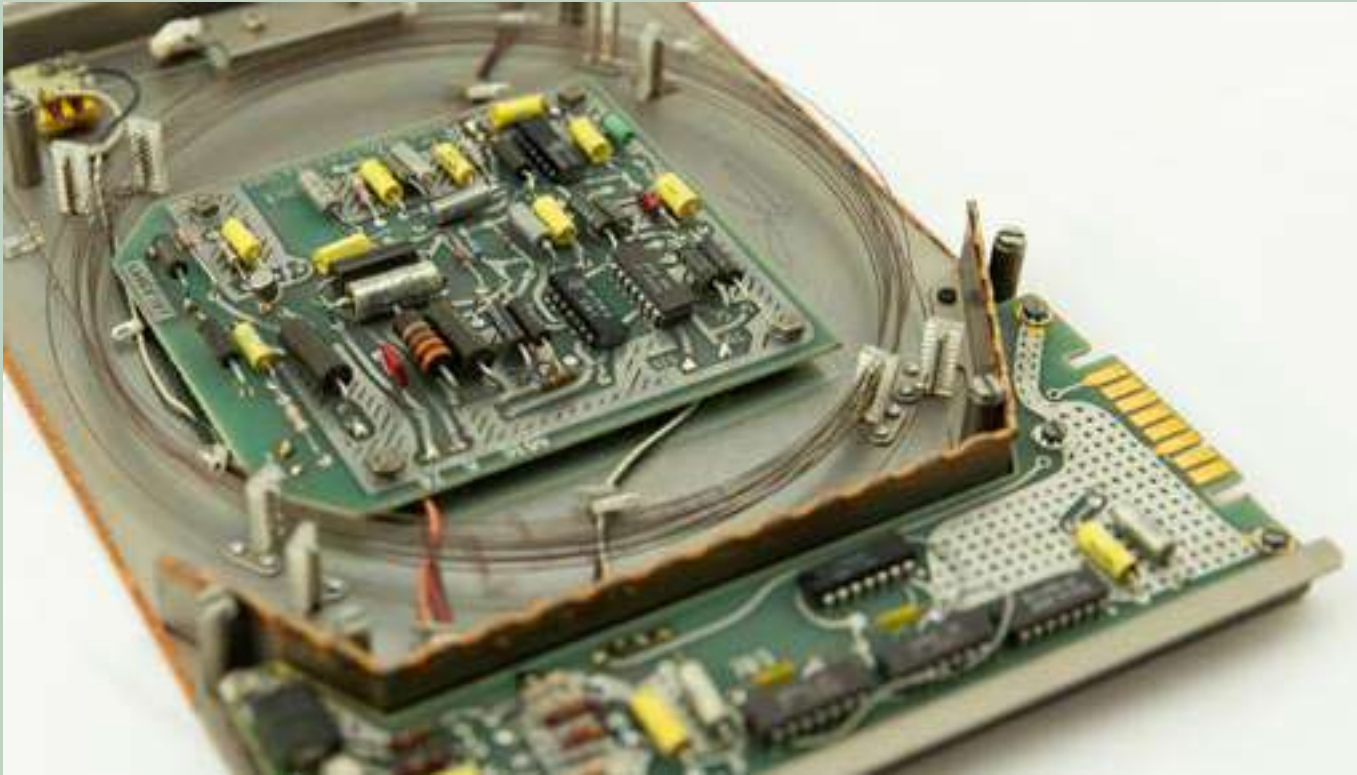


Imagen / Image: César Esteban Rubio

Memoria de línea de retardo
Delay line memory
Olivetti

CE1995/027/0001

Cinta magnética c. 1970

Este tipo de soporte de almacenamiento de información (datos, vídeo o audio) utiliza una cinta o banda de material magnetizable. El uso más comercial de las cintas magnéticas consistió en las grabaciones de películas y documentales para su visualización a través de los sistemas de vídeo VHS, Beta, etcétera, así como en las cintas o casetes de música, muy populares hasta la introducción de los soportes de almacenamiento digital.

This type of information storage medium (for video or audio data) uses a tape or band of magnetisable material. The most commercial use of magnetic tapes consisted of film and documentary recordings for viewing through VHS, Beta and other video systems, as well as music tapes or cassettes, which were very popular until the introduction of digital storage media.



Imagen / Image: César Esteban Rubio

Cinta magnética
Magnetic tape

CE2010/002/0001



Imagen / Image: Francisco de Asís Alcalá Zamora

Disquete
Diskette
International Business Machines Corporation (IBM)

CE2007/027/0003

Disquete c. 1970

El disquete o disco flexible fue un medio de almacenamiento magnético de datos informáticos utilizado en los ordenadores a partir de 1970 y hasta los últimos años de la década de 1990. Se fabricaban con un material flexible y magnetizable que se disponía en el interior de una cubierta de plástico. Los primeros discos flexibles tenían 8” de diámetro (20 cm), un tamaño que desde 1981 iría menguando a 5,25” (13,3 cm) y, más tarde aún, a 3,5” (casi 9 cm).

The diskette or floppy disk was a magnetic storage medium for computer data used in computers from the 1970s until the late 1990s. They were made of a flexible, magnetisable material that was placed inside a plastic cover. The first floppy disks were 8” [20 cm] in diameter, but after 1981 this size was to decrease to 5.25” [13.3 cm] and later still to 3.5” [almost 9 cm].

Unidad de disco duro c. 1974

Dispositivo de almacenamiento para ordenador basado en la grabación magnética sobre disco rígido. Se trata del modelo IBM 62TM, de 10 MB de capacidad: una evolución del IBM 62GV desarrollado en los laboratorios de IBM en Inglaterra bajo la denominación en clave “Gulliver” con una capacidad inicial de 5 MB. Utiliza un disco de 14”.

Computer storage device based on magnetic recording on hard disk. It is the IBM 62TM model, with 10 MB capacity: an evolution of the IBM 62GV developed in the IBM laboratories in England under the code name ‘Gulliver’ with an initial capacity of 5 MB. It uses a 14” disk.



Imagen / Image: Francisco de Asís Alcalá Zamora

Unidad de disco duro
Hard Disk Drive
International Business Machines Corporation (IBM)

CE1998/011/0001

Consola de ordenador 1974

Este terminal de ordenador pertenecía a la familia de sistemas informáticos Nixdorf 620. Se empleaba en la recopilación de datos centralizada y descentralizada en empresas y administración. La empresa Nixdorf fue fundada en Alemania en 1952 en los albores de la industria de la computación, accediendo al mercado de medianas empresas en 1964. A finales de la década de los 60, Nixdorf se expandió a EE. UU. y Japón; en 1972 se hallaba presente en 22 países.

This computer terminal belonged to the Nixdorf 620 family of computer systems. It was used for both centralized and decentralized data collection in business and administration. The Nixdorf company was founded in Germany in 1952 at the beginning of the computer industry and entered the medium enterprise market in 1964. In the late 1960s, Nixdorf expanded to the USA and Japan; by 1972 it was present in 22 countries.



Imagen / Image: José Latova Fernández-Luna

Consola de ordenador
Computer console
Nixdorf Computer AG

CE1992/003/0013

Calculadora 1977

La calculadora TI-59 Programable fue una de las primeras calculadoras programables fabricadas por Texas Instrument Inc. Dispone de 11 dígitos de precisión y lógica algebraica. Tiene 45 teclas y una pantalla LED (Light-Emitting Diode) típica de las calculadoras de esta época. Incorpora un lector de tarjetas magnéticas para el almacenamiento de programas y datos, así como una fuente de alimentación externa.

The TI-59 programmable calculator was one of the first programmable calculators manufactured by Texas Instruments Inc. It has 11 digits of precision and algebraic logic. It has 45 keys and a LEO [Light-Emitting Diode] display as is typical of calculators of this era. It incorporates a magnetic card reader for programme and data storage, as well as an external power supply.



Imagen / Image: César Esteban Rubio

Calculadora
Calculator
Texas Instruments Inc. (TI)

CE2005/013/0001

**Calculadora
c. 1974**



Imagen / Image: Francisco de Asís Alcalá Zamora

Calculadora
Calculator
Hispano Olivetti S. A.

CE1990/004/0009

Calculadora eléctrica Olivetti Multisumma 20 con mecanismo impresor, fabricada en España por Hispano Olivetti. Incluye las operaciones de suma, resta y multiplicación, así como una tecla de repetición y otra de corrección. Este tipo de aparato se encuadra en la última generación de máquinas de calcular eléctricas anteriores a la introducción de las calculadoras electrónicas, de menor tamaño y mayores posibilidades de cálculo.

Olivetti Multisumma 20 electric calculator with printing mechanism, manufactured in Spain by Hispano Olivetti. Includes addition, subtraction and multiplication operations, as well as a repeat and a correction key. This type of device is part of the last generation of electric calculators that predated the introduction of electronic calculators, which were smaller and had greater calculation possibilities.

**Secráfono
c. 1970**

El secráfono es el encriptador de voz más comercializado. Es uno de los aparatos habitualmente utilizados en estamentos gubernamentales para garantizar la privacidad y seguridad de conversaciones sensibles frente a la intervención de las comunicaciones telefónicas y radiofónicas. Basa su funcionamiento en la modulación de frecuencias.

The secraphone is the most widely marketed voice scrambler. It is among the devices commonly used by government agencies to ensure the privacy and security of sensitive conversations against the tapping of telephone and radio communications. Its operation is based on frequency modulation.



Imagen / Image: César Esteban Rubio

Secráfono
Secraphone
Technical Communications Corporation

CE1996/031/0001

Intercomunicador c. 1980

El principal objetivo de este aparato de intercomunicación es la comunicación telefónica entre distintas dependencias de un mismo edificio. Este tipo de dispositivos alcanzaron una gran popularidad en todo tipo de compañías, en centros públicos y privados como colegios y universidades, e incluso en el ámbito doméstico.

ITT [International Telephone & Telegraph Corporation] fue una empresa de comunicaciones estadounidense fundada en 1920 que desarrolló el servicio de telefonía en diversos países europeos.

The main objective of this intercommunication device is telephone communication between different rooms in the same building. This type of device has become very popular in all types of companies, in public and private centres such as schools and universities, and even in domestic settings.

ITT [International Telephone & Telegraph Corporation] was an American communications company founded in 1920 that developed telephone service in various European countries.



Imagen / Image: César Esteban Rubio

Intercomunicador
Intercom
International Telephone & Telegraph Corporation (ITT)

CE1992/033/0009

Sistema “Jefe-Secretaria” c. 1968

El aparato telefónico de abonado con intercomunicación modelo “Jefe-Secretaria” 2/2/1 permite el acceso a dos líneas automáticas de central urbana o centralita, o a una de cada tipo. El sistema —válido tanto para comunicaciones internas como externas— se conoce en inglés con el nombre de *key systems*, ya que las conmutaciones para su funcionamiento se realizaban mediante “llaves” electromecánicas. Disponía de un enlace directo entre el teléfono del “jefe” y el de la “secretaria”, razón por la que este tipo de aparatos se conocieron popularmente de este modo.

The subscriber telephone set with an intercommunication ‘Boss-Secretary’ 2/2/1 model allows access to two automatic lines of urban or switchboard, or one of each type. The system —valid for both internal and external communications— is known in English as key systems, since the switching for its operation was done by means of electromechanical ‘keys’. It had a direct link between the boss’s and the secretary’s telephone, which is why this type of apparatus was popularly known by this name.



Imagen / Image: César Esteban Rubio

Sistema “Jefe-Secretaria”
‘Boss-Secretary’ System
Compañía Internacional de Telecomunicaciones y
Electrónica S. A. (CITESA)

CE1992/033/0007

Acoplador acústico para datos 1967

Este tipo de dispositivos actúan de enlace —generalmente con aparatos telefónicos—, transformando una señal eléctrica en acústica y a la inversa, con el fin de transmitir o recibir mensajes. Para su funcionamiento, el teléfono se colocaba directamente sobre el acoplador, resultando su uso especialmente útil durante los viajes, al posibilitar la conexión con cualquier tipo de teléfono.

This type of device acts as a link —generally with telephone sets—, transforming an electrical into an acoustic signal and vice versa, in order to transmit or receive messages. For its operation, the telephone was placed directly on the coupler, resulting in its use being especially useful during trips, as it made it possible to connect with any type of telephone.



Imagen / Image: César Esteban Rubio

Acoplador acústico para datos
Acoustic Data Coupler
Anderson Jacobson Inc.

CE0000/000/0203

Etiquetadora manual c. 1970

Durante los años 70 estos dispositivos de mano utilizados para la impresión de etiquetas fueron ampliamente comercializados por su facilidad de manejo y relación calidad-precio. Las etiquetadoras producidas por la empresa estadounidense Dymo Industries Inc., fundada en 1958, fueron referencia en el sector y alcanzaron una enorme difusión, hasta el punto que este tipo de aparatos etiquetadores se conocen sencillamente como “dymo”.

During the 1970's these handheld devices used for label printing were widely marketed for their ease of use and value for money. The labelling machines produced by the American company Dymo Industries Inc., founded in 1958, became a benchmark in the sector and circulated widely, to the point that such labelling devices are simply known as 'dymo'.



Imagen / Image: Francisco de Asís Alcalá Zamora

Etiquetadora manual
Manual labelling machine
Dymo Industries Inc.

CE2010/015/0001

Máquina de escribir c. 1967

Este modelo de máquina de escribir eléctrica Executive fue introducido por IBM en 1967. Entre otras características, incluía una “fila de control” sobre el teclado que permitía al usuario ajustar los márgenes, así como cambiar la tabulación y la posición de la cinta.

IBM se inició en la fabricación de máquinas de escribir con la adquisición de la Electromatic Typewriter Company en 1933.

This model of the Executive electric typewriter was introduced by IBM in 1967. Among other features, it included a ‘control row’ on the keyboard that allowed the user to adjust the margins, as well as change the tabulation and ribbon position.

IBM began manufacturing typewriters with the acquisition of the Electromatic Typewriter Company in 1933.



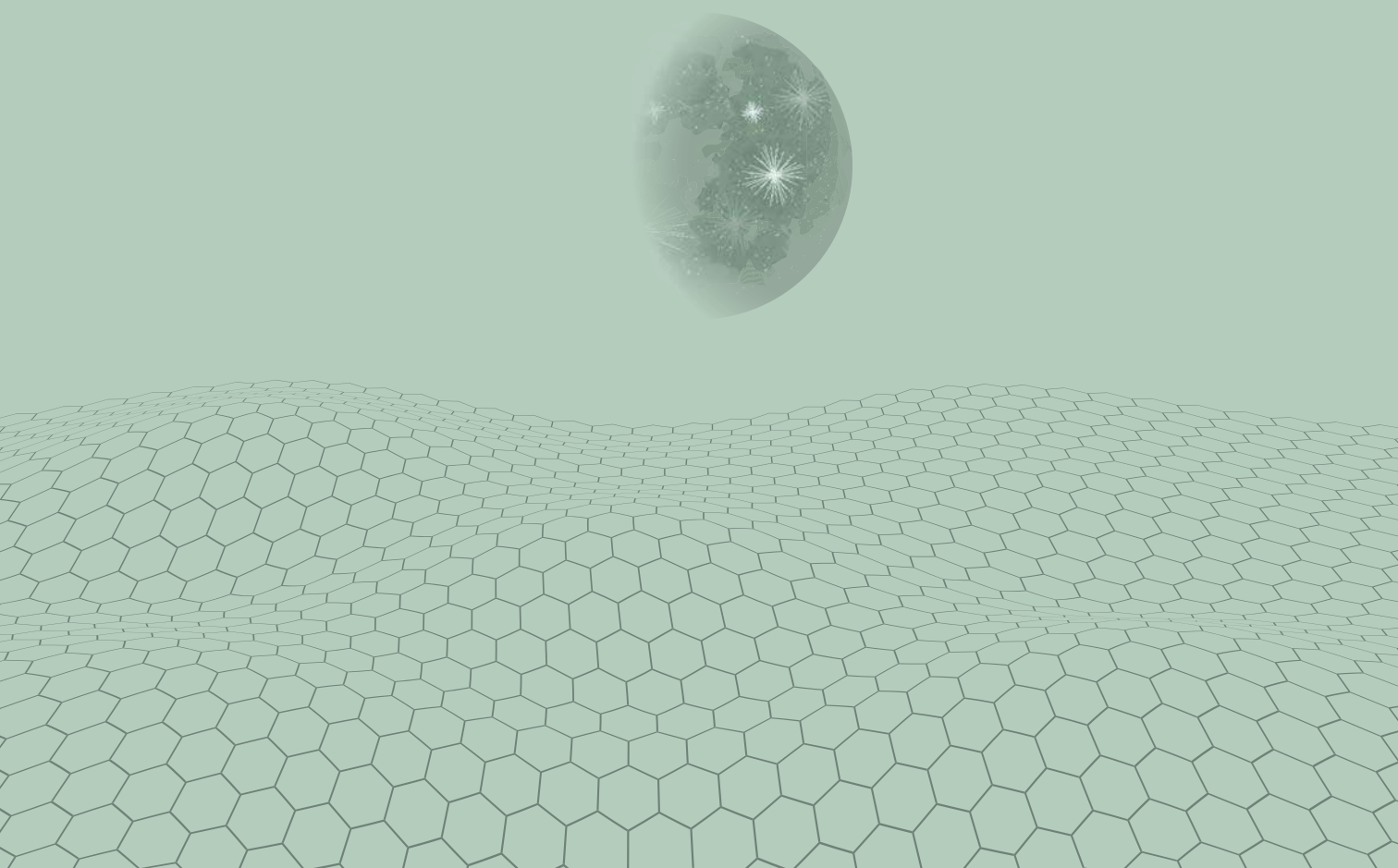
Imagen / Image: Francisco de Asís Alcalá Zamora

Máquina de escribir
Typewriter
International Business Machines Corporation (IBM)

CE1986/008/0005

Apollo 11: un salto de gigante

Apollo 11: A giant step



En octubre de 1957 la URSS consiguió colocar en órbita terrestre el primer satélite artificial, el *Sputnik 1*, lo que dio comienzo a la carrera tecnológica entre estadounidenses y soviéticos que sería conocida como carrera espacial. El lanzamiento del *Sputnik 2* con la famosa perrita *Laika* a bordo, hizo patente la ventaja soviética sobre el resto del mundo en materia de ingeniería aeronáutica.

Los EE. UU. se apresuraron en demostrar que su poderío tecnológico y económico no estaba por detrás del soviético para lo que desarrollaron un programa espacial que culminaría con el aterrizaje de un astronauta en la Luna y su retorno a la Tierra sano y salvo. Este objetivo fue establecido por el presidente Kennedy en su célebre discurso de 1961 cuando afirmó que EE. UU. llegaría a la Luna “antes de que esta década termine”.

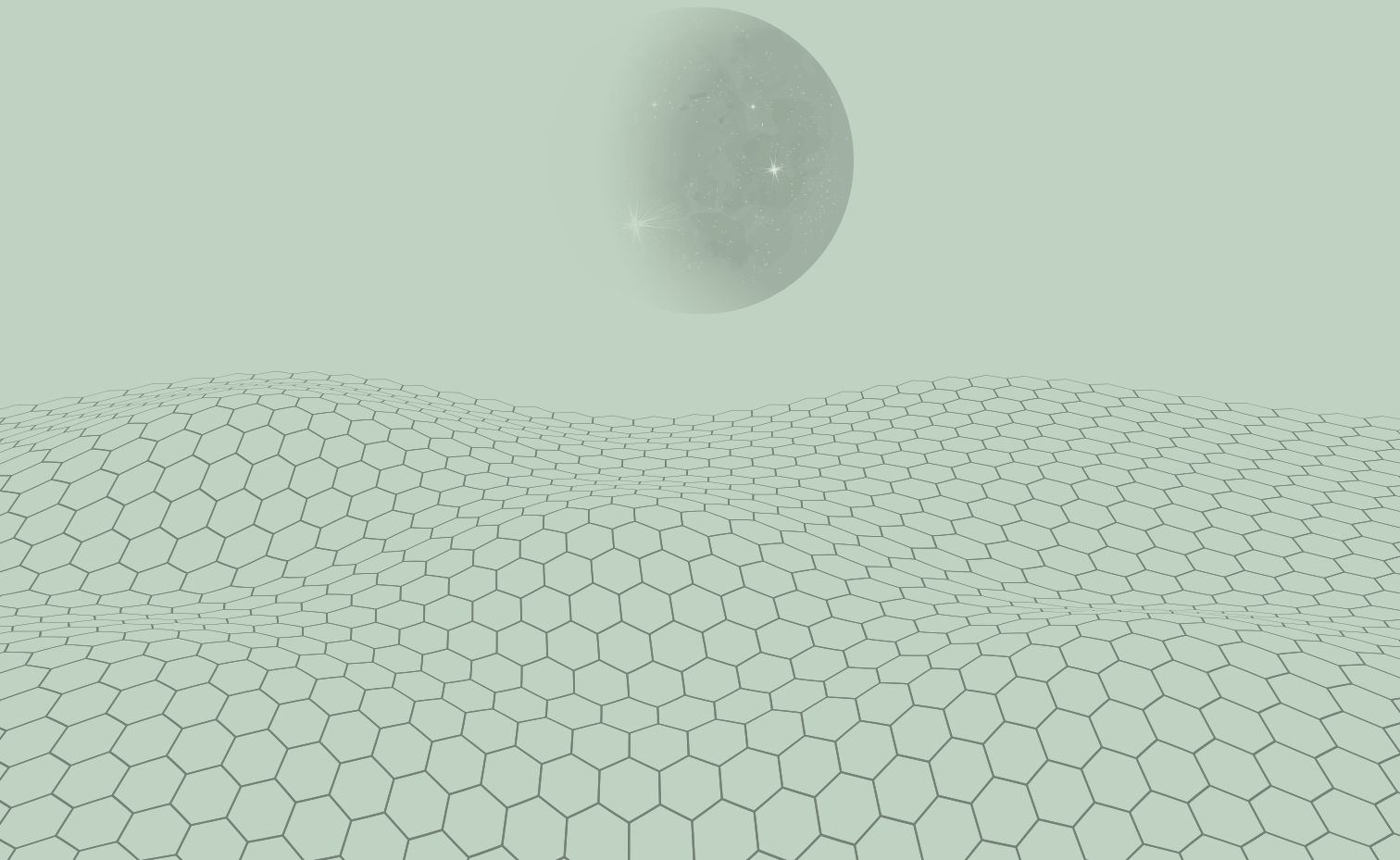
El compromiso del ya entonces fallecido presidente americano se hizo realidad cuando los astronautas del *Apollo 11* pisaron la superficie de la Luna en 1969.

When the USSR successfully launched *Sputnik 1*, the first manmade satellite, into orbit in October 1957, it triggered the tech race between the United States and the Soviet Union, and was later known as the space race. The launch of *Sputnik 2*, with the famous space dog *Laika* on board, cemented the Soviets’ global edge in aeronautical engineering.

This prompted the Americans to prove that they were as technically and economically powerful as the Soviets’, so they developed a space program which peaked when an astronaut landed on the Moon and then got back to Earth safe and sound. President Kennedy set this goal in his famous 1961 speech to the Congress when he claimed that the USA should commit itself to the goal of reaching the Moon ‘before this decade is out’.

The promise made by the late American President, came true when the *Apollo 11* astronauts stepped on the surface of the Moon in 1969.

El Águila ha aterrizado The Eagle has landed



El 16 de julio de 1969 a las 13:22 GMT, los astronautas norteamericanos Neil Armstrong, Edwin “Buzz” Aldrin y Michael Collins, despegaron de la base de lanzamiento 39A de Cabo Kennedy impulsados por el cohete más grande y poderoso jamás construido, el Saturno V.

Tras algo más de tres días de viaje, el vehículo *Apollo* —compuesto por el módulo de mando y servicio, el *Columbia*, y el módulo lunar, el *Eagle*—, entró en órbita lunar tras un encendido retrógrado del motor del módulo de servicio de 357,5 segundos.

A las 20:17 GMT el *Eagle* aterrizó a unos 6,5 km del lugar previsto y a las 02:51 GMT Neil Armstrong apoyó su pie izquierdo sobre la superficie de la Luna. Edwin Aldrin le siguió, y ambos pasaron algo más de dos horas y media en la superficie lunar.

21 horas y 36 minutos después del aterrizaje despegaron para reencontrarse con el *Columbia*. Otro encendido del motor del módulo de servicio les situó en la trayectoria de regreso.

Tres días y medio después amerizaron en el océano Pacífico, a unos 20 km del portaviones de rescate *Hornet*.

On July 16th, 1969 at 13:22 GMT, the US astronauts Neil Armstrong, Edwin ‘Buzz’ Aldrin and Michael Collins lifted off from launchpad 39A at Cape Kennedy, propelled by the largest and most powerful rocket ever built: the Saturn V. After a little over three days travelling through space, the *Apollo* —made up of the command and service module, the *Columbia*, and the lunar module, the *Eagle*— achieved Moon’s orbit after the retrograde firing of the service module’s engine for 357.5 seconds.

At 20:17 GMT, the *Eagle* landed around 6.5 km away from its target, and at 02:51 GMT Neil Armstrong set his left foot on the surface of the Moon. Buzz Aldrin followed him, and they spent more than two and a half hours there.

Twenty-one hours and 36 minutes after they landed, they took off to rendezvous with the *Columbia*. Another engine firing of the service module put them back on course towards the Earth.

Three and a half days later, they splashed down in the Pacific Ocean around 20 km from the rescue aircraft carrier, the *Hornet*.



Con un diámetro de 58 cm, el *Sputnik1* fue el primer satélite artificial en órbita terrestre. Esta réplica del satélite se encuentra en el Museo Nacional del Aire y el Espacio (Washington D.C., Estados Unidos).

Imagen: Space Science Data Coordinated Archive- NASA



El *Sputnik 2* fue la segunda nave de la historia puesta en órbita alrededor de la Tierra. Su único ocupante, la célebre perrita Laika, se convirtió en el primer ser vivo que viajó al espacio, si bien pereció pocas horas después. En la imagen, sello difundido en Rumania con la imagen de Laika y el texto "Laika, primera viajera al Cosmos". Imagen: Wikipedia Commons - Dominio público



En 1961, el presidente Kennedy pronunció su célebre discurso en el que afirmó que EEUU llegaría a la Luna "antes de que esta década termine". Imagen: NASA



El cosmonauta ruso Yuri Gagarin se convirtió en el primer ser humano en viajar al espacio exterior, completando una órbita alrededor de la Tierra. El vuelo, a bordo de la cápsula espacial esférica de la misión *Vostok 1*, duró 100 minutos. Imagen: NASA



Los tres astronautas de la misión *Apollo 1* perecieron en el interior de la cápsula cuando se declaró un incendio durante una de las pruebas de la misión en la Tierra. La NASA tardó más de 18 meses en volver a enviar astronautas al espacio.

Imagen: NASA



El 3 de febrero de 1966 la sonda espacial *Luna 9* se convirtió en el primer objeto fabricado por el ser humano que se posaba en otro cuerpo celeste, la Luna. Envío fotografías y datos durante tres días. Imagen: NASA



La tripulación del *Apollo 11*. De izquierda a derecha: Neil A. Armstrong, comandante, Michael Collins, piloto del módulo de mando, y Edwin "Buzz" Aldrin, piloto del módulo lunar.

Imagen: NASA



Cohete Saturno V en el momento del despegue del *Apollo 11*. Imagen: NASA

El Dr. von Braun, pionero del programa espacial estadounidense, posa junto a las toberas del cohete de tres fases Saturno V diseñado por él mismo y empleado en las misiones Apollo y Skylab. Imagen: NASA



Miembros del equipo del Control de lanzamiento del Kennedy Space Center observan el despegue del *Apollo 11* desde sus puestos de trabajo. Imagen: NASA



Recibimiento de los astronautas de la misión Apollo 11 en Nueva York el 13 de agosto de 1969. Fue considerado el mayor desfile de la historia de la ciudad. Imagen: NASA

Apollo 11: un salto de gigante

Apollo 11: A giant step

1957

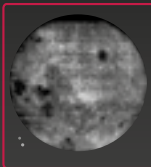
1958 1959

1961 1963 1965

1966 1967 1968 1969



Uno de los satélites Vanguard es revisado en Cabo Cañaveral en 1958. *Yanquard 1* fue el segundo satélite estadounidense en órbita, tras el *Explorer 1*. Aún sigue siendo el objeto artificial más antiguo que orbita la Tierra y tiene un diámetro de 16,5 cm. Imagen: NASA



Primera fotografía de la cara oculta de la Luna. Su superficie resultó ser sorprendentemente diferente a la que se ve desde la Tierra. La imagen fue tomada el 7 de octubre de 1959 por la sonda espacial soviética *Luna 3*. Imagen: NASA



Valentina Tereshkova, astronauta, ingeniera y política rusa, fue la primera mujer en volar al espacio exterior. Viajó a bordo de la nave *Vostok 6*, dando 48 vueltas a la Tierra durante 71 horas. Imagen: Agencia Espacial Europea - ESA



Alexéi Leónov alcanzó un lugar de honor en la historia cuando el 18 de marzo de 1965 emergió de la cápsula *Voshkod 2* convirtiéndose en el primer ser humano en realizar un paseo espacial. Imagen: ROSCOSMOS



El cohete Soyuz fue diseñado en el marco del programa espacial soviético. En 1967 la *Soyuz 7* fue la primera nave espacial tripulada de la serie. En la imagen, una nave Soyuz en 2018. Imagen: NASA - Johnson



La nave espacial *Zond 5* fue la primera misión que realizó con éxito un vuelo orbital alrededor de la Luna con carga biológica a bordo —tortugas, gusanos, bacterias...— Fue recuperada con buena parte de su carga viva. Imagen: NASA

El 20 de Julio de 1969 Neil A. Armstrong se convirtió en el primer ser humano en pisar la superficie lunar. Esta es una reproducción de la imagen de televisión retransmitida al mundo de la histórica hazaña. Imagen: NASA



Primer plano de la bota de un astronauta y de su huella en el suelo lunar fotografiado con una cámara de 70 mm en el transcurso de la actividad extravehicular del *Apollo 11*. Imagen: NASA



El astronauta Edwin "Buzz" Aldrin descendiendo del módulo lunar y sobre la superficie de la Luna. Ambas fotografías fueron tomadas por Neil A. Armstrong. Imagen: NASA

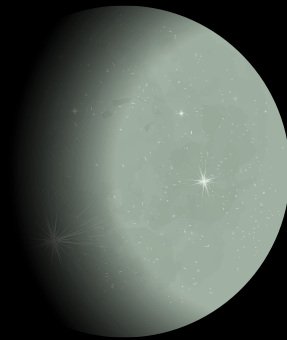


El módulo lunar del *Apollo 11* ascendiendo con los astronautas Neil A. Armstrong y Edwin "Buzz" Aldrin a bordo, fotografiado desde el módulo de mando y de servicio en el que había permanecido Michael Collins durante la exploración. La Tierra se eleva sobre el horizonte lunar. Imagen: NASA



Amerizaje del módulo de mando del *Apollo 11* con los astronautas Neil A. Armstrong, Michael Collins, y Edwin "Buzz" Aldrin a bordo, a una distancia de 812 millas náuticas al suroeste de Hawái y a solo 12 del portaviones estadounidense *Hornet*. Imagen: NASA

En caso de emergencia In the case of an emergency



El programa Apollo utilizó las innovaciones tecnológicas más avanzadas de su tiempo y, a pesar de ello, también contaba con dos sistemas de seguridad basados en avances científicos muy anteriores en caso de que todo fallara.

El primero es el sextante, empleado en las misiones Gemini, Apollo y Skylab. Los astronautas a bordo de la Estación Espacial Internacional (ISS) han probado en 2019 un sextante de mano en condiciones de microgravedad como método de navegación de emergencia. El segundo de los sistemas de seguridad es el código morse —cuyo 175 aniversario se conmemora en 2019— que fue habilitado en un teclado en las misiones Apollo como sistema de comunicación que sustituyera al canal de transmisión de voz ante un posible incidente.

Apollo Program used the state of the art technology of the time, nevertheless, it also took advantage of two safety features, based on older scientific development, should a catastrophic communications failure occur.

The first was the sextant, employed in the Gemini, Apollo, and Skylab missions as a double check. On board of the International Space Station (ISS), the astronauts have demonstrated, in 2019, a hand sextant as an emergency navigation method. The second was the Morse code —whose 175th anniversary is commemorated in 2019— which could be enabled by a specific transmitter configuration in the case of an impending voice outage.

Emisor morse 1890-1915

El emisor morse es un dispositivo que envía una señal eléctrica discontinua a partir del conocido código universal de signos y rayas ideado por Samuel Morse en 1844. Los impulsos eléctricos generados se transforman, al llegar al sistema de recepción, en una señal acústica, luminosa, impresa, o de otro tipo, dependiendo del receptor utilizado.

The Morse transmitter is a device that sends a discontinuous electrical signal based on the well-known universal code of dots and dashes devised by Samuel Morse in 1844. The electrical impulses generated are transformed, on reaching the reception system, into an acoustic, luminous, printed or other signal, depending on the receiver used.



Imagen / Image: César Esteban Rubio

Emisor morse
Morse transmitter
Viuda de Aramburo

CE1985/004/0531

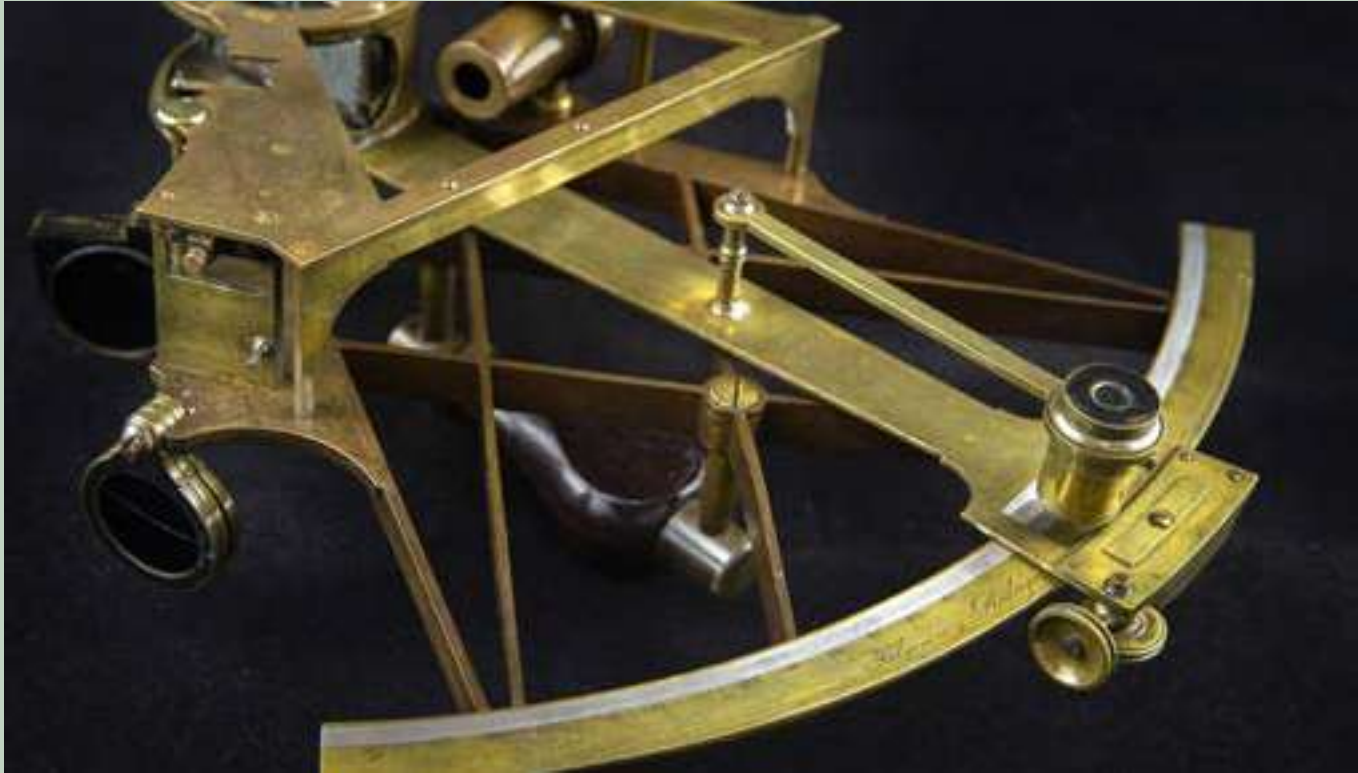


Imagen / Image: **Álvaro Muñoz Guzmán**

Sextante
Sextant
Fulgencio Rodríguez

CE1993/017/0001

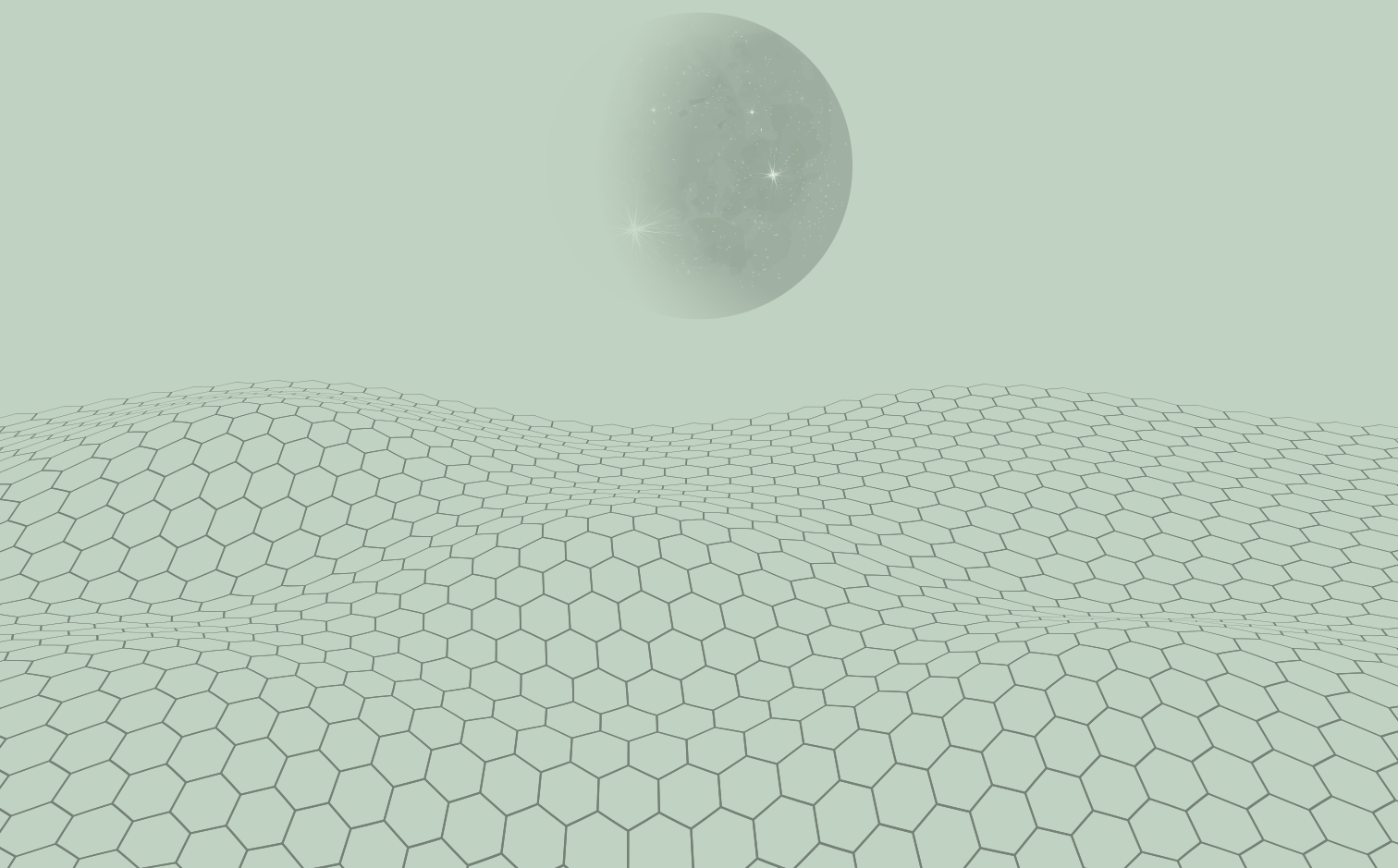
Sextante 1806

El sextante es un instrumento óptico de navegación que permite medir distancias angulares. Era habitual su uso para hallar la longitud en el mar por el método de las distancias lunares —ángulo que forma la Luna con un astro conocido— así como la latitud del lugar a partir de la altura del Sol o de la Estrella Polar sobre el horizonte.

The sextant is an optical navigation instrument that allows the measurement of angular distances. It was commonly used to find longitude in the sea by the method of lunar distances —an angle formed by the Moon with a given star— as well as the latitude of the place from the height of the Sun or the Polar Star above the horizon.

El cohete más potente jamás construido

The most powerful rocket ever built



La historia de la cohetería moderna empieza con Konstantin Tsiolkovsky. Sus ensayos sobre los cohetes por etapas y el combustible líquido, así como la formulación de su “ecuación del cohete”, inspiraron a una toda una generación de científicos compuesta, entre otros, por el norteamericano Robert H. Goddard, los rusos Sergei Koroliov y Valentin Glushko, el austrohúngaro Hermann Oberth y el alemán Wernher von Braun.

Para llegar a la Luna era necesario un cohete extremadamente potente. El equipo de von Braun, diseñó y desarrolló el Saturno V. La máquina capaz de realizar semejante hazaña tenía una altura de 112 m, pesaba 3000 toneladas y constaba de tres etapas. La primera usaba como combustible RP1 (queroseno súper refinado) y LOX (oxígeno líquido) y las etapas segunda y tercera utilizaban LOX y LH2 (hidrógeno líquido). Encima de la tercera etapa estaba el *Apollo*, compuesto por el módulo de mando y servicio y el módulo lunar. Este último tenía dos etapas: de aterrizaje y de despegue. Los módulos del *Apollo* usaban un combustible a base de tetróxido de nitrógeno y un compuesto de hidracina.

The history of modern rocketry begins with Konstantin Tsiolkovsky. His 'Rocket Equation' and essays on multistage rockets and liquid fuels inspired a generation of scientists like the American Robert H. Goddard, the Russians Sergei Koroliov and Valentin Glushko, the Austro-Hungarian Hermann Oberth and the German Wernher von Braun.

Only an extremely powerful rocket could carry man to the Moon. Von Braun's team designed and developed the Saturn V, the first machine capable of such a feat. It was 112 m tall, weighed 3,000 tonnes and had three stages. The first one was fuelled by RP1 (highly refined kerosene) and LOX (liquid oxygen) while the second and third stages used LOX and LH2 (liquid hydrogen). The *Apollo* was perched atop the third stage and included the command and service module and the lunar module. The lunar module had two parts: one for landing and one for take-off. These *Apollo* modules used nitrogen tetroxide and a compound of hydrazine as fuel.

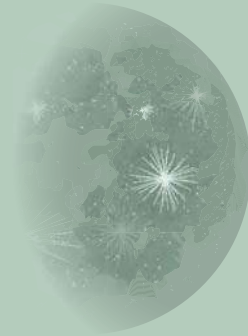


Lanzamiento del Saturno V, módulo interactivo Saturn V Launch, interactive module

Imagen / Image: Marta Pahisa Duarte

La estación de seguimiento de Fresnedillas de la Oliva

The tracking station in Fresnedillas de la Oliva



El proyecto Apollo requería de tres grandes antenas de 26 m de diámetro cada una separadas entre sí a lo largo del globo terrestre 120° en longitud. De esta forma se garantizaba una comunicación continua entre la nave y el centro de control de Houston. A las existentes en Goldstone, California (EE. UU.) y Honeysuckle Creek, Canberra (Australia) había que añadir una tercera en el sur de Europa.

Desde 1965 España disponía de una antena perteneciente a la Red del Espacio Profundo cerca de Robledo de Chavela (Madrid). Se buscó una ubicación cercana para instalar la nueva antena que daría apoyo a las misiones de vuelos tripulados y se escogió la localidad de Fresnedillas de la Oliva. A comienzos de 1968 la antena ya estaba operativa para el lanzamiento del primer vuelo tripulado del proyecto Apollo, el *Apollo 7*.

La estación de Fresnedillas de la Oliva mantuvo contacto con el *Eagle* hasta su aterrizaje y recibió en directo las palabras de Armstrong: “Houston, aquí base de la Tranquilidad, el Águila ha aterrizado”. Asimismo, mantuvo la comunicación con el *Eagle* durante el despegue lunar.

The Apollo project required three large parabolic antennas 26 m in diameter spaced across the Earth at 120° longitude to guarantee non-stop communication between the spaceship and the control centre in Houston. There were already antennae in Goldstone, California (USA) and Honeysuckle Creek, Canberra (Australia), but another one was needed in southern Europe.

Since 1965 Spain had had an antenna near Robledo de Chavela (Madrid) as part of to the Deep Space Network. A site was sought nearby to install the new antenna that would support the manned missions, and the town of Fresnedillas de la Oliva was chosen. By early 1968, the antenna and all its equipment were up and running in time for the launch of the first manned Apollo space flight, the *Apollo 7*.

The Fresnedillas de la Oliva station kept contact with the Eagle until it landed, and it heard Armstrong utter his famous words live: ‘Houston, Tranquillity Base here. The Eagle has landed’. It also stayed in touch with the *Eagle* as it took off from the Moon.

Instalaciones exteriores de la estación de seguimiento de Fresnedillas de la Oliva
Exterior facilities at the tracking station in Fresnedillas de la Oliva

Imagen / Image: Larry Haug / honeysucklecreek.net.



Equipamiento electrónico de la estación de seguimiento de Fresnedillas de la Oliva
Electronic equipment of the Fresnedillas de la Oliva tracking station

Centro del Espacio y la Ciencia - Museo Lunar Ayuntamiento de Fresnedillas de la Oliva
Space and Science Centre - The Lunar Museum Fresnedillas de la Oliva Town Hall

Imagen / Image: Álvaro Muñoz Guzmán

Equipamiento electrónico de la estación de seguimiento de Fresnedillas de la Oliva



Imagen: Larry Wang / FotomuseoLunar.com



Imagen: Larry Wang / FotomuseoLunar.com



Imagen: Larry Wang / FotomuseoLunar.com



Imagen: Larry Wang / FotomuseoLunar.com



Imagen: Larry Wang / FotomuseoLunar.com

La pieza expuesta es una de las múltiples bastidores instalados en 1968 en la estación de Fresnedillas de la Oliva. Alberga equipos y aparatos de medida electrónica que pertenecieron a los sistemas de seguimiento y comunicación utilizados durante el viaje del Apollo 11.

La localización de los diferentes elementos en el bastidor así como la ubicación del mismo dentro de la propia instalación, eran idénticas en cada una de las tres estaciones de seguimiento de la NASA que formaban la Red de Vuelos Espaciales Tripulados —Manned Space Flight Network (MSFN)—.

Una gran parte del equipamiento que se utilizaba, exceptuando el de medida, había sido diseñado en el Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA (Jet Propulsion Laboratory), para el trabajo específico de seguimiento de naves espaciales.

Los procesadores eran UNIVAC y provenían de la Armada estadounidense; también se empleaban en los submarinos nucleares de EE. UU.



Equipamiento electrónico c. 1968

La pieza expuesta es uno de los múltiples bastidores instalados en 1968 en la estación de Fresnedillas de la Oliva. Alberga equipos y aparatos de medida electrónica que pertenecieron a los sistemas de seguimiento y comunicación utilizados durante el viaje del Apollo 11.

La localización de los diferentes elementos en el bastidor así como la ubicación del mismo dentro de la propia instalación, eran idénticas en cada una de las tres estaciones de seguimiento de la NASA que formaban la Red de Vuelos Espaciales Tripulados —Manned Space Flight Network (MSFN)—.

Una gran parte del equipamiento que se utilizaba, exceptuando el de medida, había sido diseñado en el Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA (Jet Propulsion Laboratory), para el trabajo específico de seguimiento de naves espaciales.

Los procesadores eran UNIVAC y provenían de la Armada estadounidense; también se empleaban en los submarinos nucleares de EE. UU.

The piece on display is one of the many racks installed in 1968 at the Fresnedillas de la Oliva station. It houses electronic measuring equipment and devices that belonged to the tracking and communication systems used during Apollo 11's journey.

The location of the different elements in the rack, as well as that of the rack itself, were identical in each of the three NASA tracking stations that formed the Manned Space Flight Network (MSFN).

A large part of the equipment used, except for the measurement equipment, had been designed at NASA's Jet Propulsion Laboratory for specific spacecraft tracking work.

The processors were UNIVAC products and came from the US Navy; they were also used in US nuclear submarines.



Red del Espacio Profundo, modelo museográfico Deep Space Network, museographic model

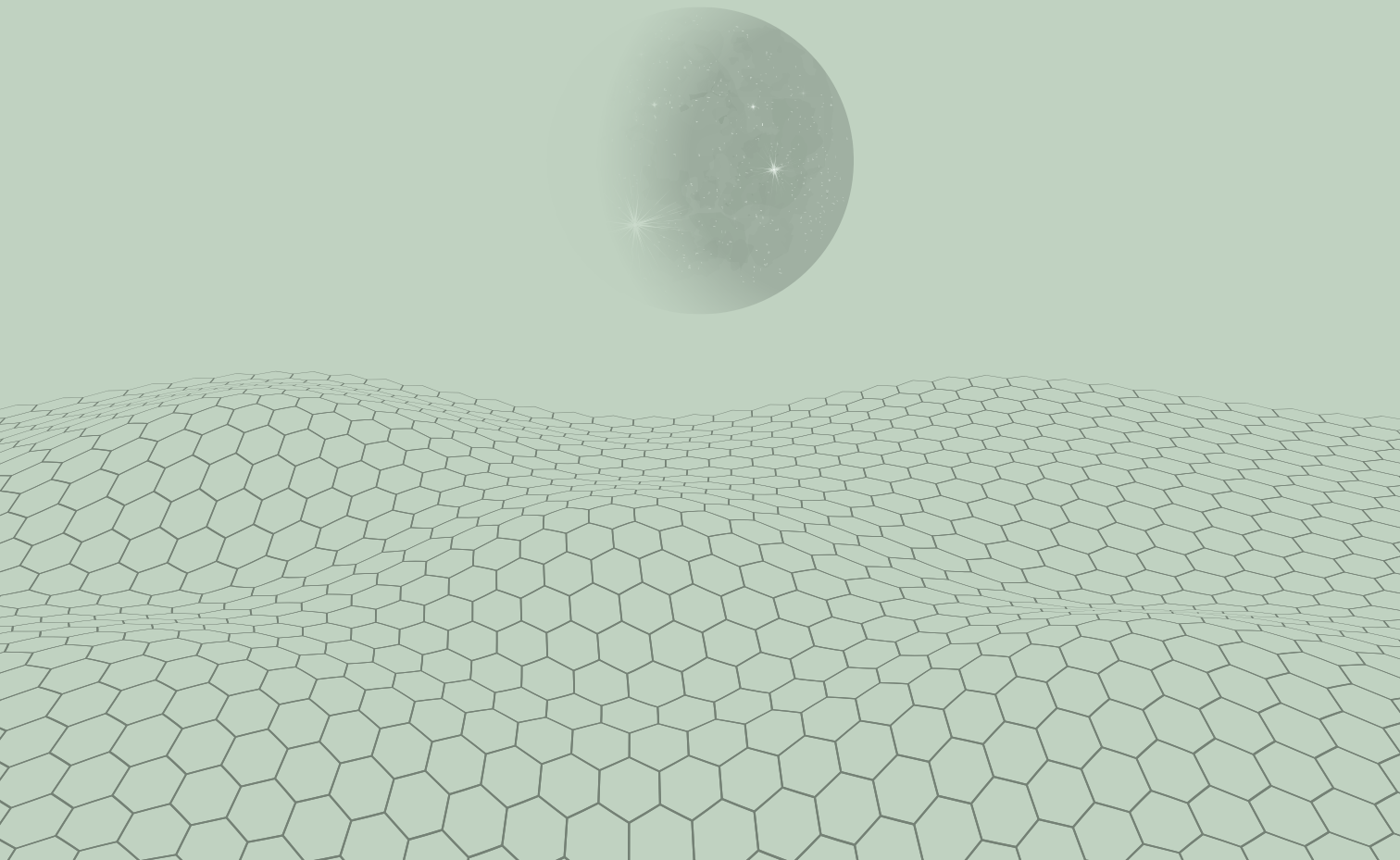
En 1969, la Red de Espacio Profundo contaba con tres estaciones de seguimiento repartidas por el planeta, ubicadas con una separación geográfica aproximada de 120 grados en longitud para asegurar las comunicaciones continuas con las distintas naves espaciales, compensando la rotación de la Tierra. De esta manera, al menos uno de los complejos podía comunicarse con las naves, independientemente de su posición respecto a la Tierra.

In 1969, the Deep Space Network had three tracking stations distributed around the planet, located at a geographic separation of approximately 120 degrees in longitude to ensure continuous communications with the various spacecraft, compensating for the Earth's rotation. In this way, at least one of the complexes could communicate with the spaceships, regardless of their position with respect to the Earth.

Imagen / Image: Marta Pahisa Duarte

El impacto en la sociedad española

The impact in Spanish society



En julio de 1969 la sociedad española seguía, con la misma expectación que el resto del planeta, aquella epopeya retransmitida a través de la televisión. Ya en aquel año un 62% de los hogares españoles tenían un televisor, aunque aún en blanco y negro. La programación se repartía entre el canal principal de TVE y el nuevo UHF que sólo se podía ver en algunas ciudades. El lanzamiento del *Apollo 11* y unos días después el primer paseo espacial, recibieron cobertura simultánea en ambos canales. El resto de los medios de comunicación, especialmente la prensa escrita, también se volcaron aquel verano en dar cobertura al acontecimiento.

Tanta o mayor repercusión tuvo en nuestro país, durante el mes de octubre de aquel mismo año, la visita de los tres astronautas que habían integrado la misión dentro de su periplo mundial. Fueron recibidos por los máximos representantes del Estado, vitoreados por las calles de Madrid y hasta obsequiados con trajes de torero.

In July 1969 people in Spain were glued to their TVs watching the epic unfold just as avidly as the rest of the world. By then, 62% of Spanish households had a TV set, even if it was just black and white. The television grid was distributed between the main TVE channel and the new UHF channel which was only available in some cities. The *Apollo 11* launch and the first spacewalk a few days later were covered simultaneously on both channels. The other media, especially newspapers, enthusiastically covered the events that summer as well.

That October, the three astronauts who had been on the mission visited Spain on their world tour, and their visit got as much or even more media coverage than the mission itself. They were welcomed by the crème de la crème of Spanish society, cheered through the streets of Madrid and even given bullfighter suits as souvenirs.



**Escenografía de una sala
de estar en la España de los
años 60**
60's Spanish living room
scenography

Imagen / Image: Álvaro Muñoz Guzmán



La llegada a la Luna supuso la culminación de un sueño. Doce seres humanos y varias misiones robóticas han dejado para siempre sus huellas sobre el suelo lunar. Son la prueba del afán de la humanidad por explorar lo que nos rodea.

El primer paseo lunar señaló el camino para el gran salto que ya nos ha llevado a los confines del Sistema Solar, trasladando la aventura humana a la exploración de nuestro lugar en el cosmos.

Está en nuestra naturaleza asomarnos más allá, al lugar donde se sitúa la frontera del conocimiento. Todos podemos participar en este viaje.

The arrival on the moon was the culmination of a dream. Twelve human beings and several robotic missions have left their footprints on the lunar soil forever. They are proof of humanity's desire to explore its surroundings.

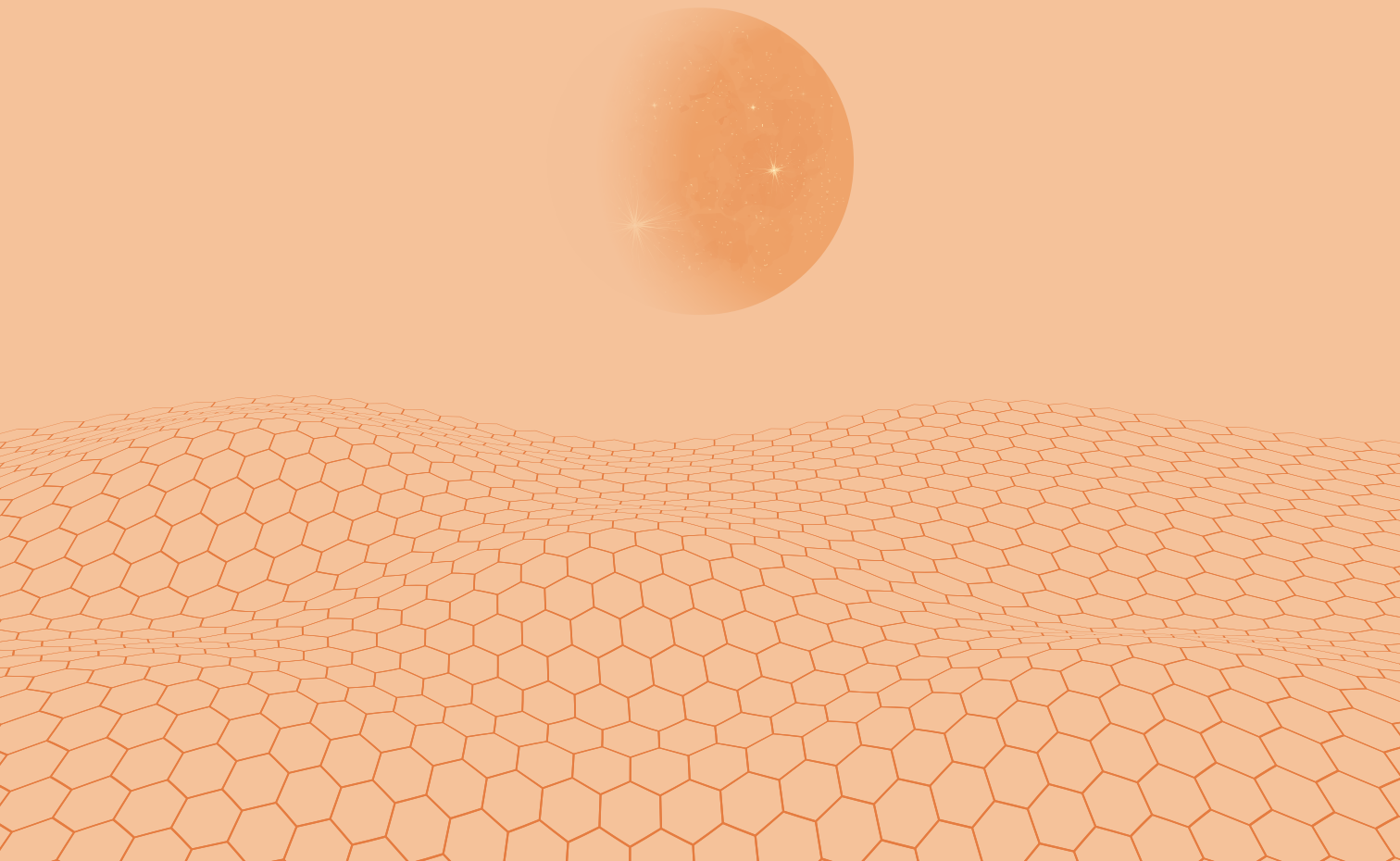
The first lunar walk paved the way for the great leap that has already taken us to the outer research of the Solar System, taking the human adventure to the exploration of our place in the cosmos.

It is in human nature to look beyond, to the place where lies the frontier of knowledge. We all can join this journey.

Imagen / Image: Marta Pahisa Duarte

Vida y universo

Life and the Universe



Desde el comienzo de los tiempos el ser humano se ha preguntado cuál es el origen de la vida, si ésta existe en otros confines o cuáles son los límites del universo.

Hace poco más de 100 años se creía que el universo era del tamaño de nuestra propia galaxia, la Vía Láctea; y hace tan solo 25 se pensaba que los únicos planetas conocidos eran los del Sistema Solar. Se desconocía cómo generan energía las estrellas, de qué están hechas, cómo se forman los planetas y en qué condiciones puede surgir la vida en ellos. Se pensaba que nunca podríamos medir la deformación del espacio-tiempo en forma de ondas gravitatorias u observar los agujeros negros.

Hoy es posible medir ondas gravitatorias, observar de cerca un agujero negro, expandir la frontera del universo a miles de millones de galaxias, contar por millares los planetas extrasolares y encontrar lugares que podrían albergar vida.

Since the beginning of knowledge, human beings have wondered about the origins of life and questioned whether there is life elsewhere and what the limits of the Universe are.

Only a century ago, people believed that our own galaxy, the Milky Way, was the extent of the Universe. Just 25 years ago, the planets in our Solar System were assumed to be the only ones. No one knew how stars created energy, what they were made of, how planets were formed and what conditions were needed for life to arise. It was assumed that we would never be able to measure the space-time distortion in the form of gravitational waves or see black holes.

Today we can measure gravitational waves, see black holes up close, expand the Universe to encompass billions of galaxies, count thousands of planets outside our Solar System and find places that could harbour life.

TRAS LA LUNA



Vida y universo Life and the Universe

Imagen / Image: Álvaro Muñoz Guzmán

Exoplanetas

Exoplanets

Los infinitos mundos que Giordano Bruno imaginó a finales del siglo XVI son una realidad en el siglo XXI, con más de 4000 exoplanetas descubiertos hasta ahora, en una lista que no deja de crecer cada día. En las estrellas más cercanas al Sol como Próxima Centauri, la estrella de Barnard o la de Teegarden, orbitan planetas.

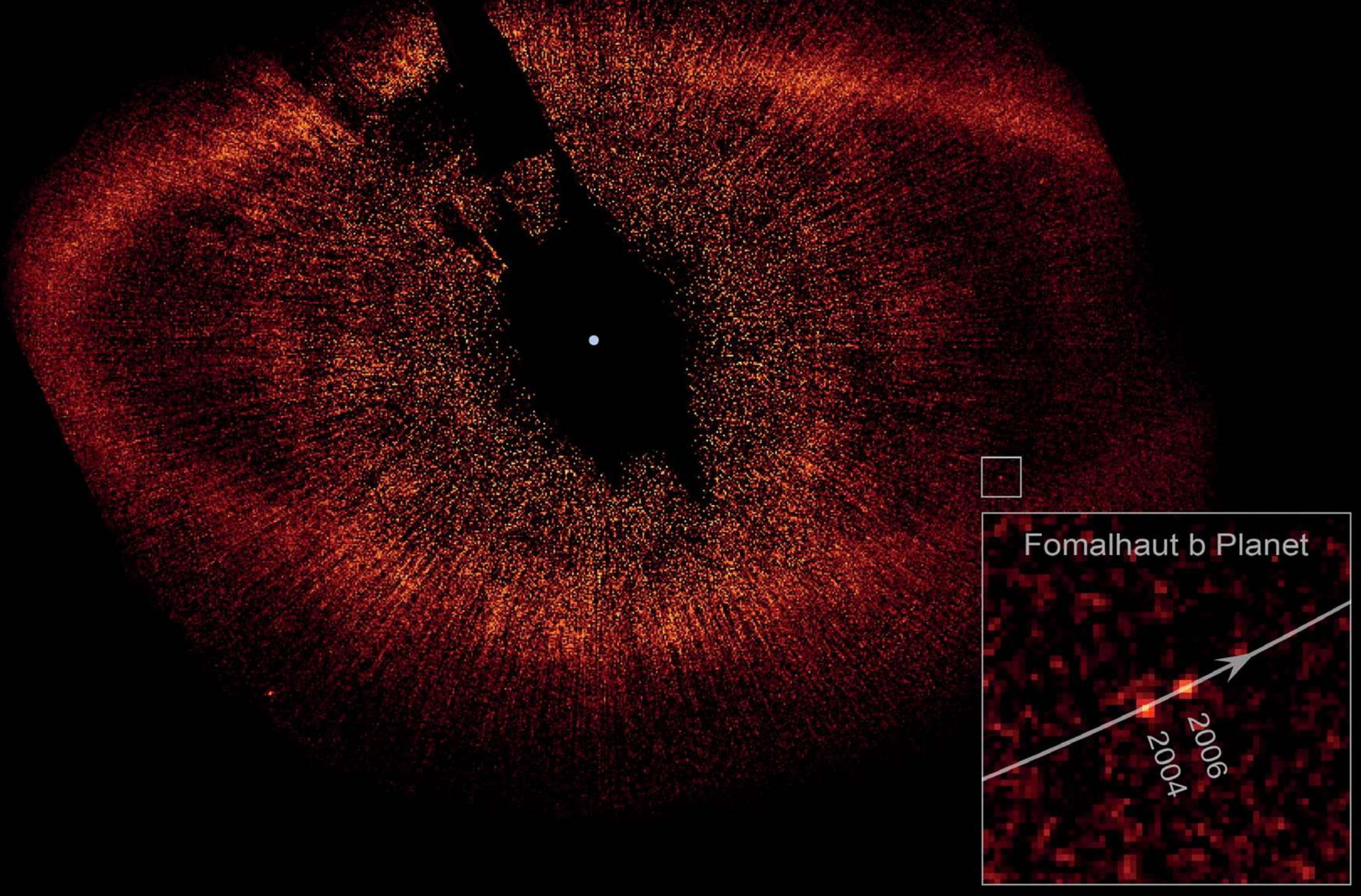
Los mundos descubiertos son muy variados y algunas de sus denominaciones evocan a las del Sistema Solar: super-Tierras, mini-Neptunos o Júpiteres calientes. Hay planetas de hielo y planetas tan calientes que es posible observar cómo se evaporan en tiempo real. Hay planetas pequeños y gigantes, rocosos y gaseosos, los hay parecidos a los más cercanos del Sistema Solar, pero también muy diferentes.

La diversidad de los exoplanetas descubiertos tendrá ocupados durante décadas a los científicos mientras prosigue la búsqueda de un planeta como el nuestro.

Today in the 21st century, we know that the infinite worlds imagined by Giordano Bruno in the late 16th century are real. More than 4,000 exoplanets have been discovered so far, and the list is growing every day. In fact, the closest star to the Sun, Proxima Centauri, and some other close stars as Barnard star and Teegarden star, have planets orbiting them.

A vast variety of worlds have been discovered, and we have borrowed names from own Solar System to talk about them, such as super-Earths, mini-Neptunes and Hot Jupiters. There are icy planets and planets so hot we see them evaporate in real time. There are small and giant planets, rocky and gaseous ones, some that are like the planets in the Solar System, yet also very different.

The astonishing range of exoplanets will keep scientists busy for decades, as the search for a planet like ours continues.



Planeta Fomalhaut b Fomalhaut b planet

Imagen obtenida con el telescopio espacial Hubble de la NASA/ESA que muestra el exoplaneta Fomalhaut b orbitando alrededor de su estrella anfitriona Fomalhaut, que se encuentra aproximadamente a 25 años luz de la Tierra, en la constelación de Piscis Austrinus (Pez Austral).

Image obtained with the NASA/ESA Hubble Space Telescope, showing the exoplanet Fomalhaut b orbiting around its host star Fomalhaut, which is located approximately 25 light-years from Earth in the constellation of Piscis Austrinus (Southern Fish).

Imagen / Image: NASA, ESA and P. Kalas (University of California, Berkeley, USA).

Vida en el Sistema Solar Life in the Solar System

Con la tecnología actual la exploración robótica solo se realiza en nuestro entorno cercano: el Sistema Solar. Ya se han visitado todos los planetas, así como algunos planetas enanos, lunas, asteroides y cometas. Han aterrizado naves espaciales en cometas, en Venus y Marte, pero también en Titán, la luna de Saturno, obteniéndose una valiosa información de esos entornos y de sus condiciones de habitabilidad.

Marte en el pasado fue muy similar a la Tierra, con una atmósfera gaseosa densa y agua líquida en su superficie durante largos periodos de tiempo. Europa y Encélado, lunas de Júpiter y Saturno, presentan superficies formadas por hielo de agua y poseen océanos de agua líquida bajo esas cortezas heladas. Por último, Titán, dispone de grandes cantidades de metano y otros hidrocarburos en estado líquido en su superficie.

Es en el planeta rojo y en las fascinantes lunas Europa, Encélado y Titán, donde se espera encontrar huellas de vida fuera de nuestro planeta.

With present-day technology, robotic exploration is only possible within the limits of the Solar System. Space probes have already visited all the planets, as well as some dwarf planets, moons, asteroids and comets. Also, some probes have landed on comets, on Venus and Mars, and on Titan, Saturn's moon, to collect invaluable information on their environments and habitability conditions.

Ancient Mars was quite Earth-like, with a dense, gaseous atmosphere and with liquid water on its surface for long periods. Europa and Enceladus, moons of Jupiter and Saturn respectively, have icy surfaces with oceans of liquid water running underneath their crusts. Finally, Titan has large amounts of liquid methane and other hydrocarbons on its surface.

We expect to find traces of life outside the Earth on the Red Planet and on the fascinating moons Europa, Enceladus and Titan.

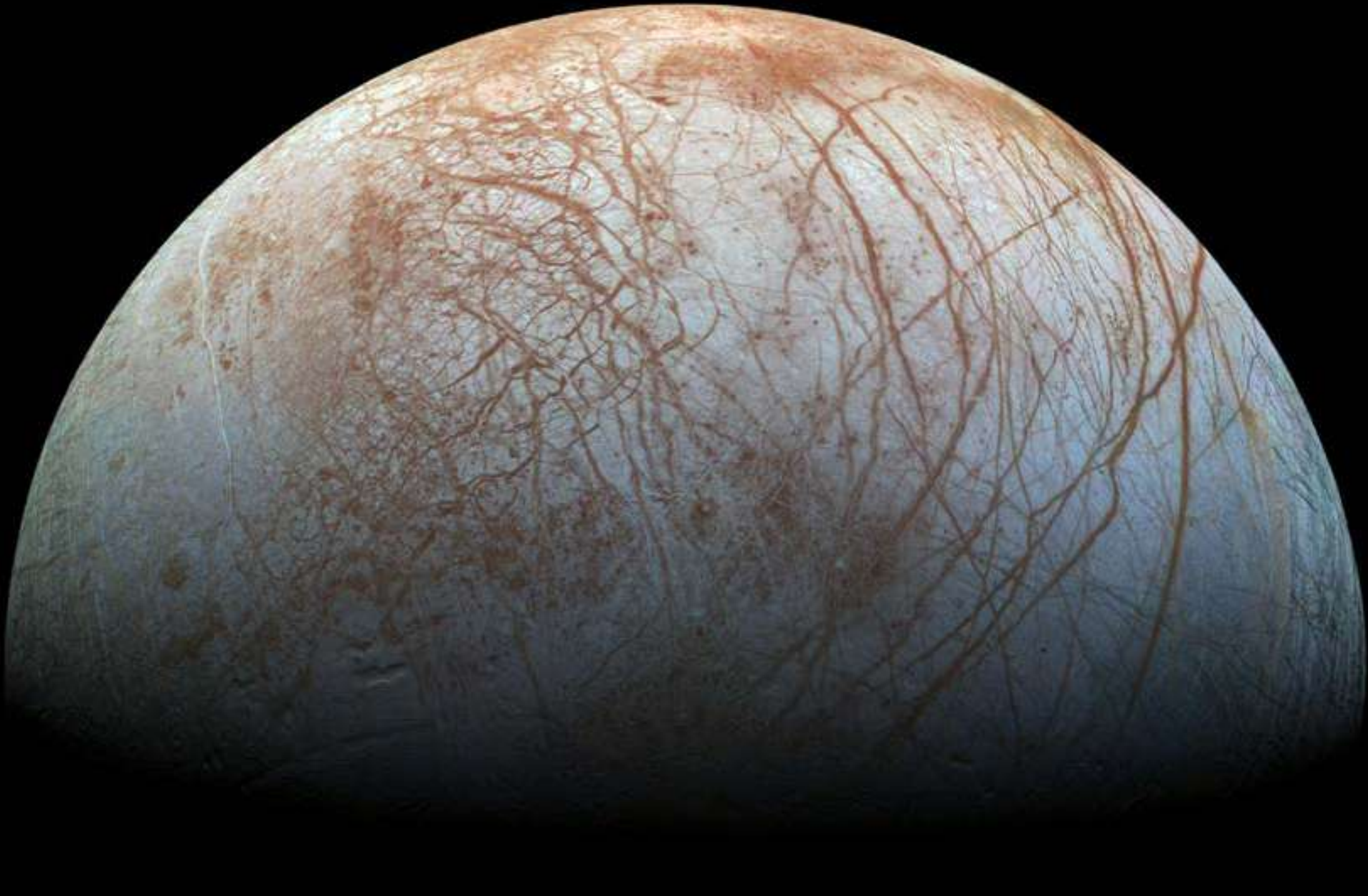


Réplica de rover marciano Martian rover replica

El rover de la NASA *Perseverance* llegará a Marte en febrero de 2021 y buscará evidencias de vida pasada que haya podido quedar preservada en las rocas de la región donde aterrizará: el cráter Jezero. A bordo llevará el instrumento español MEDA (*Mars Environmental Dynamics Analyzer*, analizador de la dinámica medioambiental marciana), un conjunto de sensores repartidos por el rover que monitorizará la atmósfera marciana. Llevará también a bordo un helicóptero, *Ingenuity*, que será el primer aparato que vuele en otro planeta; y, además, un contenedor donde almacenará muestras del suelo marciano que serán recogidas por una futura misión que viajará a Marte y las traerá de vuelta a la Tierra.

NASA's *Perseverance* rover will arrive on Mars in February 2021 and will search for evidence of past life that may have been preserved in the rocks of the landing region: Jezero Crater. The Spanish instrument MEDA (*Mars Environmental Dynamics Analyzer*), a set of sensors located throughout the rover that will monitor the Martian atmosphere, will be on board. So will a helicopter, *Ingenuity*, which will be the first device to fly on another planet; and, in addition, there will be a container where the rover will store samples of the Martian soil that will be collected by a future mission that will travel to Mars and bring them back to Earth.

Imagen / Image: Álvaro Muñoz Guzmán



Europa, luna de Júpiter

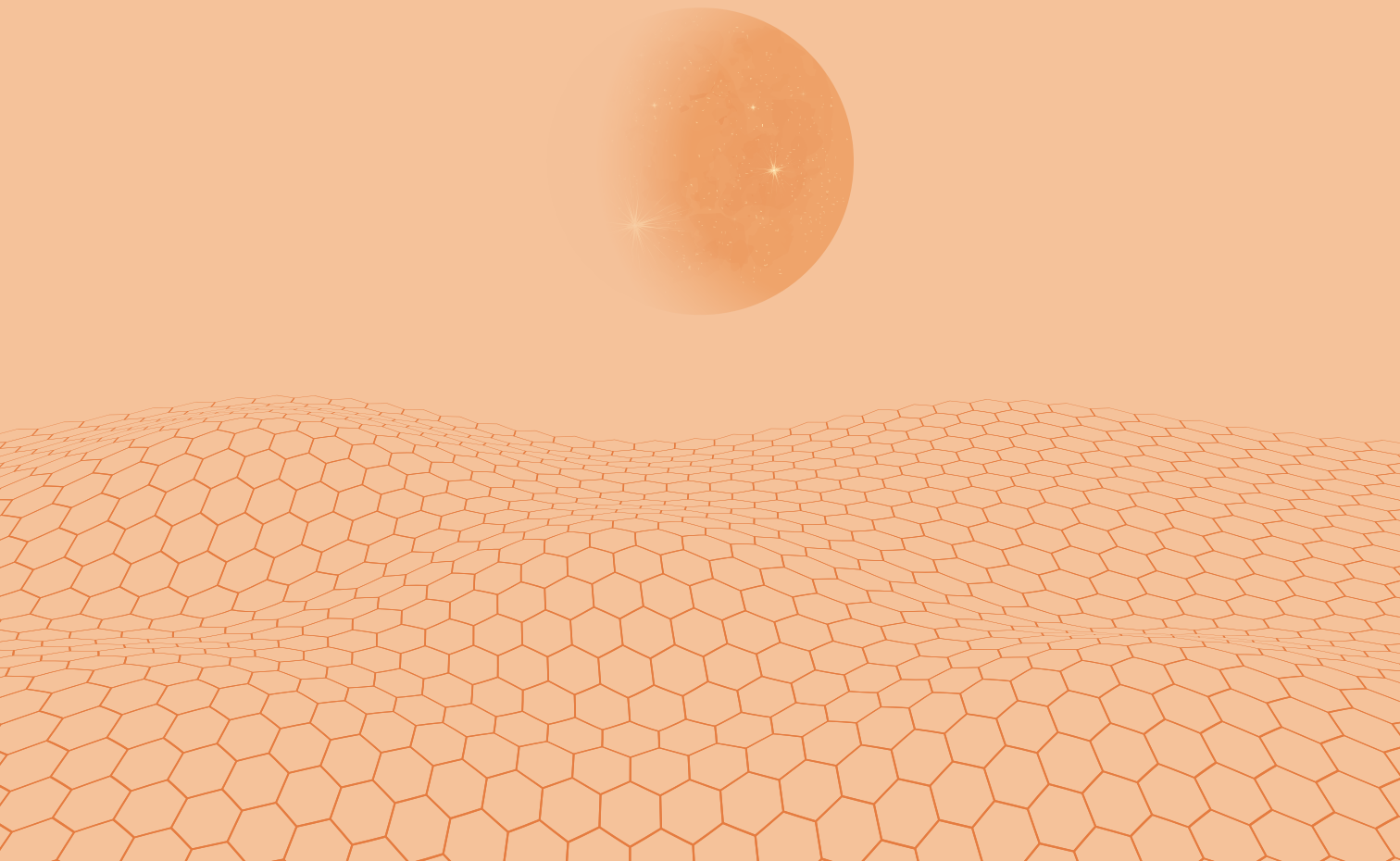
Europa, Jupiter's Moon

Descubierta por Galileo la primera vez que apuntó su telescopio hacia Júpiter en 1610, Europa es uno de los objetivos principales de la astrobiología, la disciplina que estudia la posible existencia de vida fuera de la Tierra. Su corteza, geológicamente joven y compuesta sobre todo por hielo de agua, está plagada de fracturas que evidencian que se trata de un cuerpo planetario activo. Bajo esa corteza helada se cree que Europa alberga un océano global de agua líquida potencialmente habitable.

Discovered by Galileo the first time he pointed his telescope at Jupiter in 1610, Europe is one of the main objectives of astrobiology, the discipline that studies the possible existence of life outside Earth. Its crust, geologically young and composed mostly of water ice, is riddled with fractures that show that it is an active planetary body. Beneath that icy crust Europe is believed to harboring a potentially habitable global ocean of liquid water.

Interferómetros y ondas gravitatorias

Interferometers and gravitational waves



La invención del telescopio amplió nuestra capacidad para entender la naturaleza que nos rodea a gran escala, el universo. Con la detección de las primeras ondas gravitatorias hemos vuelto a abrir una ventana a lo desconocido, un universo donde agujeros negros y estrellas de neutrones se funden deformando el espacio-tiempo.

Las ondas gravitatorias son muy diferentes de las ondas de luz electromagnética a las que son sensibles los telescopios clásicos. Objetos muy masivos y compactos moviéndose a alta velocidad son capaces de deformar el espacio en sí encogiéndolo y estirándolo. Durante mucho tiempo pensamos que sería imposible detectar las ondas gravitatorias generadas en este tipo de catástrofes cósmicas: la distancia Tierra-Luna cambia menos que el diámetro de un átomo. Interferómetros en Tierra como LIGO y VIRGO, y espaciales como LISA, nos permitirán quizás entender la más elusiva y débil de las fuerzas y aún así la más importante: la gravedad.

The invention of the telescope expanded our ability to understand the universe, the vast natural world surrounding us. After the first gravitational waves were detected, another window was opened onto the unknown, a universe where black holes and neutron stars merge and distort the space-time.

Gravitational waves are very different from the electromagnetic light waves which classic telescopes can pick up. Extremely massive, compact objects moving at high speeds can distort space by shrinking and stretching it. Scientists long through thought that it would be impossible to detect the gravitational waves caused by this kind of cosmic cataclysm; after all, it changes the distance from Earth to Moon by less than the diameter of an atom. However, interferometers on Earth like LIGO and VIRGO, and their counterparts in space like LISA, may help us understand gravity, an elusive, weak, yet the most important force.

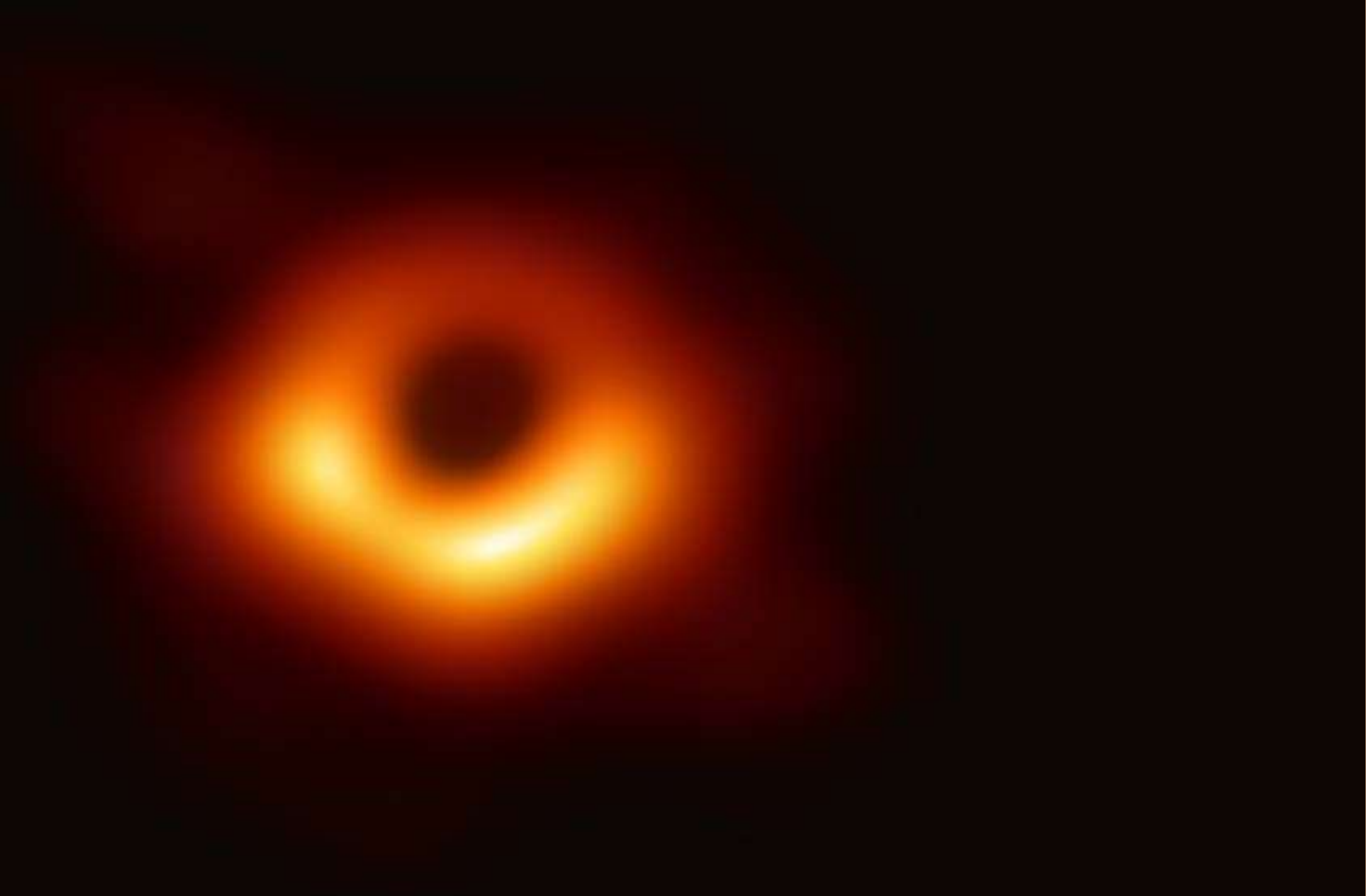


Gran Telescopio CANARIAS (Large Canary Islands Telescope)

El Gran Telescopio CANARIAS (GTC) es el telescopio más grande del mundo. Con un espejo primario segmentado de 10,4 metros de diámetro, está ubicado en uno de los lugares más privilegiados para la observación astronómica del hemisferio norte: el Observatorio del Roque de los Muchachos en la isla de La Palma (Islas Canarias). Este telescopio es una iniciativa española, liderada por el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y con la participación del Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México, del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica de México y de la Universidad de Florida (EE. UU.).

The Gran Telescopio CANARIAS (GTC) is the largest telescope in the world. With a segmented primary mirror of 10.4 meters in diameter, it is located in one of the most privileged places for astronomical observation in the northern hemisphere: the Roque de los Muchachos Observatory on the La Palma island (Canary Islands). This telescope is a Spanish initiative, led by the Canary Islands Institute of Astrophysics (IAC, its Spanish acronym) and with the participation of the Institute of Astronomy of the National Autonomous University of Mexico, the National Institute of Astrophysics, Optics and Electronics of Mexico and the University of Florida (USA).

Imagen / Image: Javier Martínez Morán (CC BY-NC 2.0)



Agujero negro en el centro de la galaxia M87

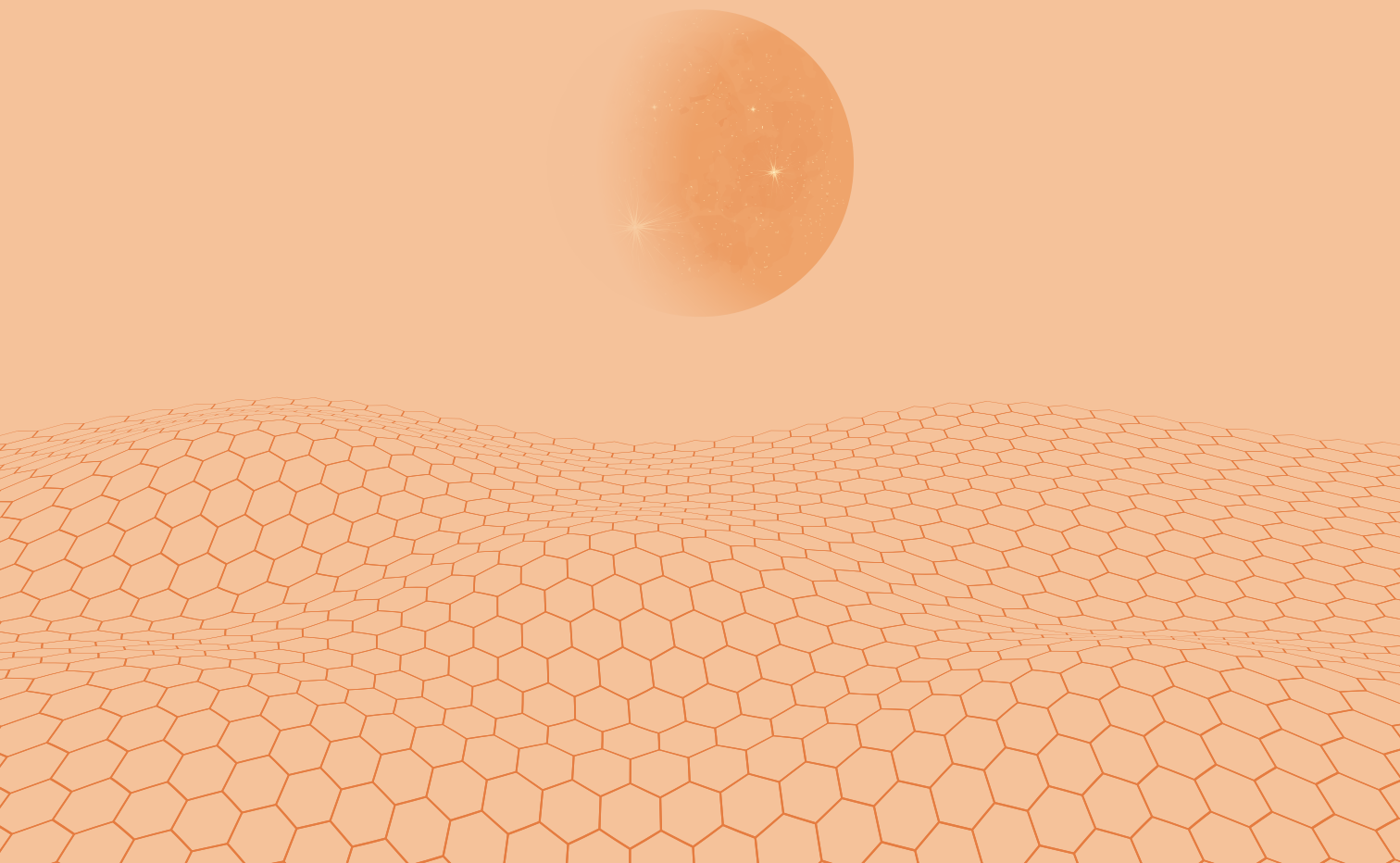
Black hole in the centre of the M87 galaxy

Imagen de las regiones cercanas al agujero negro situado en el centro de la galaxia M87. La imagen, tomada con el EHT (*Event Horizon Telescope*), un interferómetro formado por ocho radiotelescopios, muestra un anillo de materia brillante. El agujero negro, con una masa estimada de 6500 millones de soles, se halla en el centro de ese anillo. A medida que el material es atraído hacia el agujero negro, la energía liberada acelera las partículas y hace que emitan radiación.

Image of the regions near the black hole located in the centre of the M87 galaxy. The image, taken with the EHT (*Event Horizon Telescope*), an interferometer formed by eight radio telescopes, shows a ring of bright matter. The black hole, with an estimated mass of 6.5 billion suns, lies at the centre of this ring. As material is attracted to the black hole, the released energy accelerates the particles and causes them to emit radiation.

Midiendo las distancias con más precisión

Measuring distances more precisely



La historia de la física no puede escribirse sin mencionar el interferómetro. El diseñado por Michelson-Morley descartó la existencia del éter estableciendo los pilares que llevarían a Einstein a formular su famosa teoría de relatividad especial.

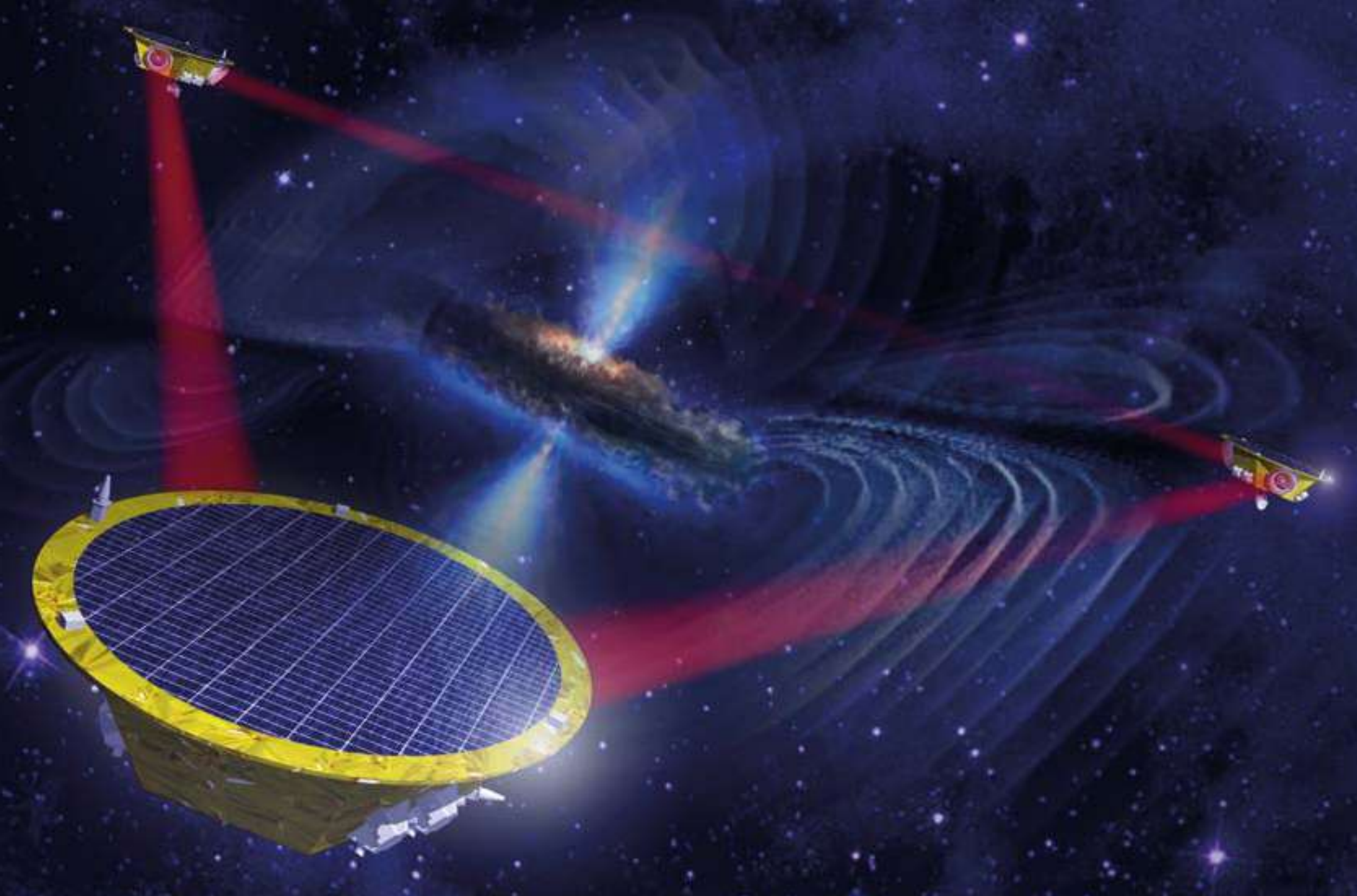
Los telescopios que funcionan como interferómetros se basan en combinar la luz de manera coherente para conseguir afinar la precisión con la que se pueden distinguir los detalles de los objetos astronómicos.

Los interferómetros hoy en día se utilizan para medir el tamaño de estrellas y agujeros negros y probablemente sea un interferómetro construido en el espacio lo que nos permita detectar biomarcadores —huellas remotas de la presencia de vida— en atmósferas de planetas como el nuestro.

The history of physics would be incomplete without a mention to the interferometer. The Michelson-Morley interferometer disproved the existence of aether, paving the way for Einstein to formulate his theory of special relativity.

The telescopes that work as interferometers combine light coherently to fine-tune the precision with which we can see the details of astronomical objects.

Today, interferometers are used to measure the size of stars and black holes, and an interferometer built in space is probably what will enable us to detect biomarkers —remote traces of life— in the atmospheres of planets like our own.



Observatorio de ondas gravitatorias, LISA Gravitational Wave Observatory, LISA

Los observatorios de ondas gravitatorias en el espacio permitirán una longitud de brazos y ausencia de vibraciones que sería imposible obtener entre cualquier par de localizaciones en la Tierra. LISA (en el espacio) podría tener una separación de brazos de varios millones de kilómetros, en comparación LIGO (en la Tierra) que tiene una longitud de brazos de 4 km.

Gravitational wave observatories in space will allow a length of arms and absence of vibrations that would be impossible to obtain between any pair of locations on Earth. LISA (in space) could have an arm separation of several million kilometres, compared to LIGO (on Earth) which has an arm length of 4 km.

Representación artística de las tres naves espaciales LISA (ángulo distinto de la misma imagen)

Artist's impression of the three LISA spacecraft (another angle of the picture)

Imagen / Image: EADS Astrium (CC BY-SA 3.0 IGO)

Interferómetro 1896-1923

El interferómetro fue ideado a finales del siglo XIX con el objetivo de comprobar experimentalmente la existencia del éter —un hipotético fluido invisible que, según se creía, llenaba todo el espacio—. Se descartó su existencia con el resultado negativo de este experimento y el instrumento fue utilizado, dada su gran precisión, para otras aplicaciones.

La Corporación Científica Gaertner, fabricante de esta pieza, inició su andadura como una pequeña tienda científica establecida por William Gaertner en 1896 en Chicago. La empresa, originalmente conocida como Wm. Gaertner & Co., comercializó instrumentos de medición astronómicos y astrofísicos para el Observatorio Yerkes e interferómetros para los profesores Michelson y Stratton en la Universidad de Chicago.

The interferometer was devised at the end of the 19th century with the aim of experimentally verifying the existence of ether —a hypothetical invisible fluid that was believed to fill all of space—. Its existence was ruled out with the negative result of this experiment and the instrument, due to its high precision, was used for other applications.

The Gaertner Science Corporation, the manufacturer of this piece, began as a small science shop established by William Gaertner in 1896 in Chicago. The company, originally known as Wm. Gaertner & Co., marketed astronomical and astrophysical measuring instruments for Yerkes Observatory and interferometers for Professors Michelson and Stratton at the University of Chicago.



Imagen / Image: César Esteban Rubio

Interferómetro
Interferometer
Wm. Gaertner & Co.

**Depósito de la Facultad de Ciencias Físicas
Universidad Complutense de Madrid**
Deposit of the Faculty of Physical Sciences,
Complutense University of Madrid

DT1995/031/0016

Agujeros negros Black holes



La frontera del conocimiento tiene nombre: horizonte de sucesos. Ese es el horizonte de nuestra ignorancia. Más allá del horizonte de sucesos toda la física que conocemos deja de ser válida. Explorar esas fronteras es uno de los retos de la física del siglo XXI.

Recientemente, un equipo de astrónomos internacionales ha capturado por primera vez la imagen de la silueta de un agujero negro que está a millones de años luz de la Tierra. El gas caliente que rodea el horizonte de sucesos se puede reconstruir sincronizando con relojes atómicos las imágenes de radiotelescopios localizados en todo el planeta, incluyendo el telescopio de 30 m de Pico Veleta en Sierra Nevada (Granada).

Más de 3000 millones de personas han visto la imagen tomada por el *Event Horizon Telescope (ETH)* de los confines de la singularidad generada por el agujero negro supermasivo en el centro de la galaxia M87.

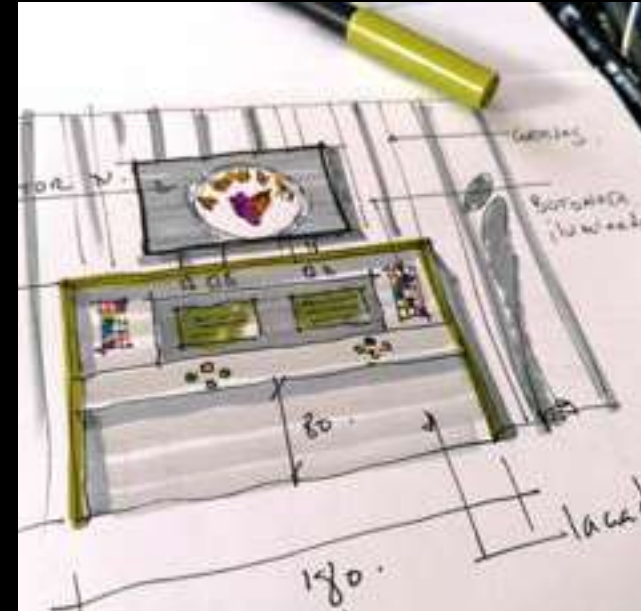
The frontier of knowledge has a name: the event horizon. This can be considered the place where the frontier of our ignorance lies. Beyond the event horizon, all the physics we know is no longer valid. Exploring these frontiers is one of the challenges of 21st century physics.

For the first time, an international team of astronomers has recently captured a picture of the silhouette of a black hole at a distance of millions of light years from Earth. The hot gas surrounding the event horizon can be reconstructed with the aid of atomic clocks syncing the images from radio telescopes all over the Earth, including the 30-metre telescope located in the Sierra Nevada mountains in Pico Veleta (Granada, Spain).

More than 3 billion people have seen the picture taken by the *Event Horizon Telescope (EHT)* of the surrounding area to the gravitational singularity caused by the super-massive black hole at the center of the galaxy M87.

Así se hizo la exposición
Exhibiton making-of

Diseño y producción en taller Design and production in workshop



Montaje en la sala del museo **Assembly in the museum room**



Tarjeta perforada
Punch card

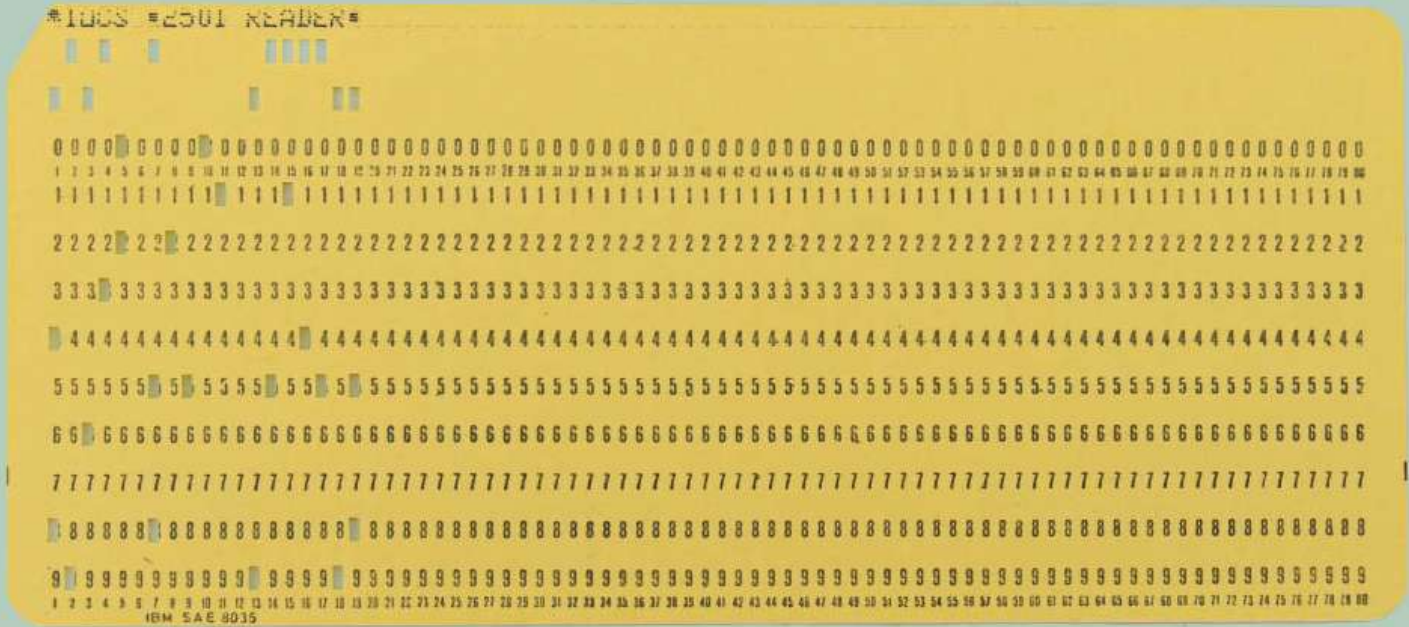


Imagen / Image: César Esteban Rubio

Tajeta perforada
Punch card
International Business Machines Corporation (IBM)

CE1988/022/0012

Tarjeta perforada c. 1968

Las tarjetas perforadas son láminas de cartulina que contienen información en forma de perforaciones. El formato de las tarjetas en exposición corresponde al diseñado por IBM en 1928, con 80 columnas y 12 posiciones de perforación por columna y cuyas combinaciones permitían fijar un carácter por columna.

Las 10 posiciones inferiores representaban los dígitos del 0 al 9. Las dos posiciones superiores de una columna eran llamadas perforación de zona y combinadas con las anteriores permitían introducir otro tipo de caracteres. Las tarjetas poseían capacidad alfanumérica, es decir, podían almacenar tanto números como letras y caracteres especiales, para lo cual era necesario utilizar varias perforaciones por columna: una perforación correspondía con un número, dos con una letra, y tres con un carácter especial.

Punch cards are cardboard sheets containing information in the form of perforations. The format of the cards on display corresponds to that designed by IBM in 1928, with 80 columns and 12 punch positions per column, and whose combinations allowed to set a character per column.

The 10 bottom positions represented digits 0 to 9. The two upper positions of a column were called zone perforation and, combined with the previous ones, allowed the introduction of other types of characters. The two upper positions in a column were called zone holes and, combined with the upper positions, allowed for the entry of other characters. The cards were alphanumeric, i.e. they could store numbers as well as letters and special characters, which required the use of several holes per column: one hole corresponded to a number, two to a letter, and three to a special character.

